

打込み鋼管杭の静的載荷試験と急速載荷試験および地盤調査 (SPT, CPT) より求めた荷重-変位関係の比較
(その2: 比較結果)

荷重-変位関係	杭支持力	正会員○亀井 秀一*	正会員 大野 雅幸**	正会員 林 世峻***
静的載荷試験	急速載荷試験	正会員 北條 豊****	正会員 仲 優太朗*****	正会員 山本 伊作*****
経験式	打込み鋼管杭	正会員 渡邊 康司*****	正会員 松本 樹典*****	

1. はじめに

本報告(その2)では、打込み鋼管杭の静的載荷試験 (SLT) と急速載荷試験 (RLT) の荷重-変位関係と、SPT N 値と CPT の先端抵抗 q_t を利用した荷重-変位関係の推定結果について比較・検討を述べる。

2. 急速載荷試験の解析法

本稿では RLT から静的な荷重-変位関係を求める解析法として以下2つの方法を用いた。

2.1 ULPC_CM 法 (中山 他 2022, 林 他 2022)

ULPC_CM 法 (UnLoading Point Connection invoking Case Method) では、ある杭に対して複数回の打撃 (急速載荷試験) を想定している。一次元波動理論に基づいた Case 法から得られる貫入抵抗力 $R_t (= R_{soil})$ と直接測定した杭変位 w の時間変化から、 $w - R_{soil}$ 関係を求め、これから除荷点抵抗力 R_{ulp} と除荷点変位を得る。

ULPC_CM 法は、一次元波動理論に基づいているため、杭の慣性力の補正が必要無い、杭長による適用制限が緩和される、などの利点を有する。

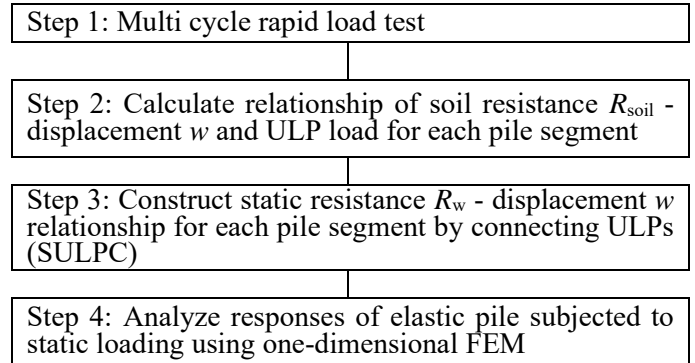
2.2 SULPC 法 (小林 他 2022, 亀井 他 2022)

SULPC 法 (Segmental UnLoading Point Connection Method) は杭を複数のセグメントに分割し、各セグメントの急速荷重と変位から最終的に杭頭の静的な荷重-変位量関係を得る方法である。

杭に複数の打撃が加えられると (表-1 の Step 1)、セグメントの地盤抵抗力 R_{soil} と変位 w から打撃回数分の除荷点抵抗力を得ることができる (Step 2)。これらの除荷点を接続することによって各セグメントの静的な地盤抵抗力-変位を得ることができる (Step 3)。

次に、静的な杭頭荷重を受ける杭全体の応答を一次元 FEM を用いて計算する (Step 4)。この時の杭-地盤モデルは同名報告 (その1) 図-2 に示すとおりである。この計算では、杭は弾性体として扱われ、Step 3 で推定された非線形地盤抵抗の挙動が各杭節点で考慮される。

表-1 SULPC 法の実施フロー



3. 静的および急速載荷試験結果

最初に段階載荷方式 SLT を実施し、8 日間養生後、RLT を実施した。RLT では質量 $m_h = 3.5$ ton の重錘を用い、落下高さ h を 0.03~0.83 m に増加しながら 8 回の試験 (打撃) を行った (亀井他 2023, 林他 2023)。

図-1 には、SLT と RLT から得られた杭頭および先端の荷重-変位関係を示している。RLT の荷重-変位関係は、ULPC_CM 解析法によって求めた結果である。本報告では、SLT および RLT の最大荷重時での先端支持抵抗 q_b および周面摩擦 τ_f をそれぞれ極限 (最大) 抵抗とした。

なお、計測軸ひずみから杭軸力 (図-1 では杭先端抵抗力) を求める際には、同名報告 (その1) 表-1 に示した保護材を考慮した鋼管杭の断面定数を使用した。

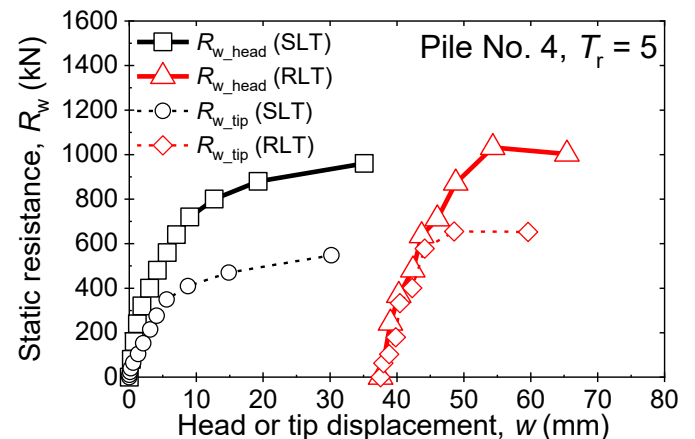


図-1 SLT と RLT から得られた荷重-変位関係

Comparison of load-displacement relations of a driven steel pipe pile from SLT, RLT and those estimated from different design codes and shear moduli from CPT and SPT (Part 2: Results of comparison)

KAMEI Shuichi, OHNO Masayuki, LIN Shihchun, HOJO Yutaka, NAKA Yutaro, YAMAMOTO Isaku, WATANABE Koji, MATSUMOTO Tatsunori

4. SLT, RLT および各種基準の評価式による最大周面摩擦応力 τ_f , 荷重-変位関係の比較

図-2はSLT, RLT および各種設計基準から得られた最大周面摩擦応力 τ_f の深度分布を示している。なお、点線はSPTからの土質分類を用いて(砂あるいは粘土)各種基準から得られた τ_f の深度分布である。CPTでは, Unified CPT method を用いた。日本の各基準による値には大きな差はみられないが, SLT による実測値を多少過大評価している。CPT からの推定値および RLT 結果 (ULPC_CM) は, 実測値にほぼ同等であり, RLT 結果 (SULPC) は下回る(安全側の)値であった。

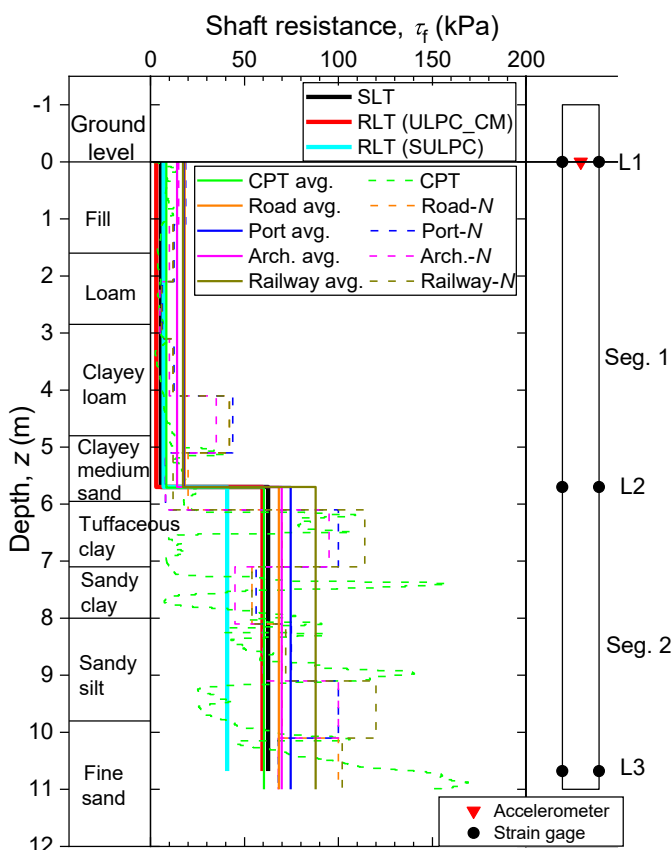


図-2 SLT, RLT および各種基準から得られた最大周面摩擦応力 τ_f の深度分布

図-3 は各種基準から得られた荷重-変位関係を SLT および RLT の実測結果と比較したものである。ULPC_CM 法および SULPC 法の荷重-変位関係は SLT の結果に整合した曲線を示した。道路・建築・鉄道の各基準の荷重-変位の推定結果は SLT とほぼ同様の曲線を示した。

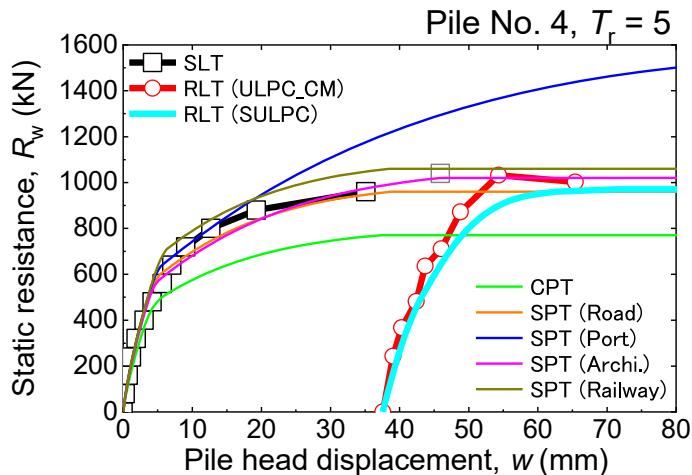


図-3 SLT, RLT および各種基準から得られた荷重-変位関係の比較

5. おわりに

本報告では, 各種設計基準と RLT から得られた荷重-変位関係を SLT の結果と比較した。ULPC_CM 法, SULPC 法による荷重-変位関係は SLT の結果に整合した。また, 道路・建築・鉄道の各設計基準の荷重-変位の推定結果は SLT とほぼ同様であった。

各種設計基準から得られた荷重-変位量曲線は, 予備設計段階の検討に使用することが可能と考えられる。より正確な荷重-変位関係を得るためには, RLT の実施が必要である。

参考文献

中山 他(2022): Case 法を援用した除荷点接続法による杭の荷重-変位関係の推定法について(その1:解析手法), 57回地盤工学研究発表会。
 林 他(2022): Case 法を援用した除荷点接続法による杭の荷重-変位関係の推定法について(その2:解析結果と静的試験結果の比較), 57回地盤工学研究発表会。
 小林 他(2022): 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1:解析法), 57回地盤工学研究発表会。
 亀井 他(2022): 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), 57回地盤工学研究発表会。
 亀井 他(2023): 鋼管杭を対象とした急速載荷試験と静的載荷試験の比較実証実験(その1:実験概要), 58回地盤工学研究発表会。
 林 他(2023): 鋼管杭を対象とした急速載荷試験と静的載荷試験の比較実証実験(その2:実験結果), 58回地盤工学研究発表会。

* 榊地盤試験所 部長・工学学士
 ** 榊地盤試験所 主任・工学修士
 *** 榊地盤試験所 主任・理学修士
 **** 榊地盤試験所 課長・理学学士
 ***** 榊地盤試験所 主任・理学修士
 ***** 榊地盤試験所 代表取締役・工学修士
 ***** 愛知工業大学 准教授・工学博士
 ***** 金沢大学 名誉教授・工学博士

* Director, Jibanshikenjo Co. Ltd., Bc. Eng.
 ** Chief Engineer, Jibanshikenjo Co. Ltd., Ms. Eng.
 *** Chief Engineer, Jibanshikenjo Co. Ltd., Ms. Science
 **** Section Chief, Jibanshikenjo Co. Ltd., Bc. Science
 ***** Chief Engineer, Jibanshikenjo Co. Ltd., Ms. Science
 ***** CEO, Jibanshikenjo Co. Ltd., Ms. Eng.
 ***** Assoc. Prof., Aichi Institute of Technology, Dr. Eng.
 ***** Emeritus Prof., Kanazawa University, Dr. Eng.