

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)

Case 法を援用した除荷点接続法  
急速载荷試験  
荷重変位関係

地盤試験所 国際会員 ○林 世峻 地盤試験所 正会員 中山 敦  
地盤試験所 国際会員 亀井 秀一 金沢大学 国際会員 松本 樹典

## 1. はじめに

その2では、相対载荷時間  $T_r=5, 4, 3$  の急速载荷試験を対象として、静的载荷試験、ULP 法、ULPC 法および ULPC\_CM 法から得られる杭の荷重－変位関係を比較・考察する。

## 2. 試験杭の仕様・地盤概要・载荷試験手順

表-1 に示す鋼管試験杭に対して静的载荷試験 (SLT) と軟クッション重錘落下方式である Hybridynamic 装置を用いて、急速载荷試験 (RLT) を実施した。試験杭の全長は 48.0m であり、 $N$  値 50 以上の支持層に根入れした (図-1)。

表-1 試験杭の仕様

Item	Value
Length, $L$ (m)	48.0
Outer diameter, $D_o$ (mm)	800
Inner diameter, $D_i$ (mm)	750
Wall thickness, $t_w$ (mm)	25
Cross-sectional area, $A$ (m <sup>2</sup> )	0.0609
Young's modulus, $E$ (kPa)	$2.00 \times 10^8$
Density, $\rho$ (ton/m <sup>3</sup> )	7.85
Mass, $m$ (ton)	22.314
Longitudinal wave velocity, $c$ (m/s)	5133

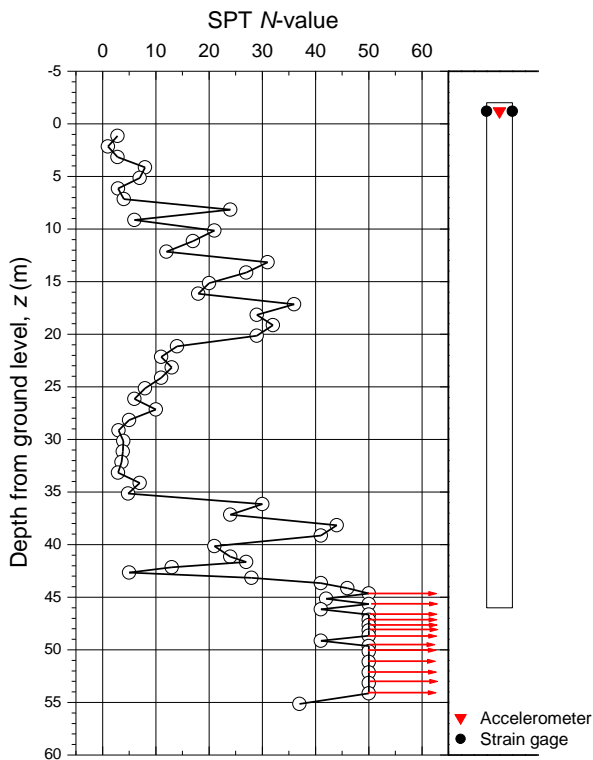


図-1 試験地点の  $N$  値分布と杭の根入れ状態

段階载荷方式 SLT に引き続いて RLT を実施した。RLT では質量  $m_h = 23$  ton の重錘を用い、落下高さ  $h$  を 0.05~1.80 m に変化させた。試験では軟クッションのばね係数を調整し、载荷時間  $t_L$  を変化させ、相対载荷時間  $T_r = t_L/(2L/c) = 3, 4, 5$  とするにした。今回の RLT では、杭頭のみで動的シグナル (荷重, 加速度) を計測した。

## 3. ULP 法解析結果

図-2 は  $T_r = 3 \sim 5$  の RLT に対する、ULP 法解析による杭頭荷重  $P_h$  - 変位  $w$  関係と SLT 結果の比較である。各 RLT の解析では、一打撃の動的シグナルを用い、減衰定数  $C$  を決定した上で、 $P_h$  -  $w$  関係を算出した。

一打撃のみの動的シグナルを用いた ULP 法による  $P_h$  -  $w$  関係は SLT 結果と大きく乖離した。

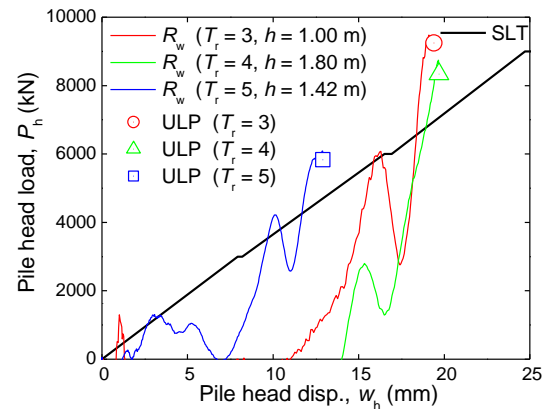


図-2 ULP 法による杭頭荷重  $P_h$  - 変位  $w$  関係

## 4. ULPC 法解析結果

図-3 は  $T_r = 3 \sim 5$  の RLT に対する、ULPC 法解析による  $P_h$  -  $w$  関係と SLT 結果の比較を示す。

図-2 の結果と比較すると、ULPC 法解析結果は SLT 結果を良く表現できている。ただし、ある杭変位  $w$  では  $T_r$  が減少するとともに  $P_h$  を過大評価している。

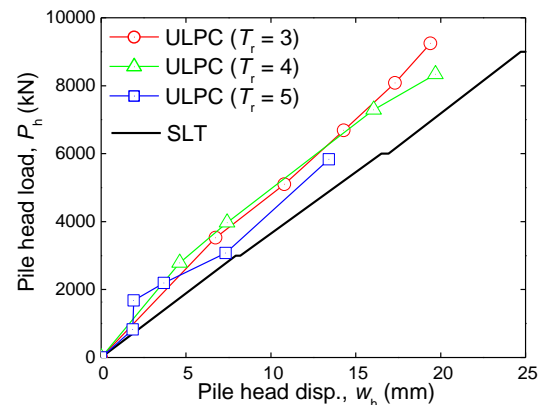


図-3 ULPC 法による杭頭荷重  $P_h$  - 変位  $w$  関係

Estimation of load-displacement relation of a pile using unloading point connection method invoking Case method (Part 2: Comparison of analytical results and SLT result)

Shihchun LIN, Atsushi NAKAYAMA, Shuichi KAMEI (Jibanshikenjo Co. Ltd.), Tatsunori MATSUMOTO (Kanazawa University)

5. ULPC\_CM 法解析結果

図-4は  $T_r = 3$ , ハンマー落下高  $h = 1.0$  m の RLT における急速荷重  $F_{rapid}$ , 変位  $w$ , 速度  $v$ , 加速度  $\alpha$  の時刻歴を示す。なお, Case 法および ULP 法から求めた地盤抵抗  $R_{soil}(Case)$  と  $R_{soil}(ulp)$  を  $F_{rapid}$  に併せて示している。

最大杭変位時点では, 速度  $v = 0$  である。この時点の  $R_{soil}(Case)$  を ULP 法と同様に静的抵抗力  $R_w$  ( $R_{ulp}$ ) と定義する。 $h$  を変化させた一連の RLT から求まる ULPC\_CM 法での除荷点荷重と変位を接続することで, 静的な荷重-変位関係を構築する。

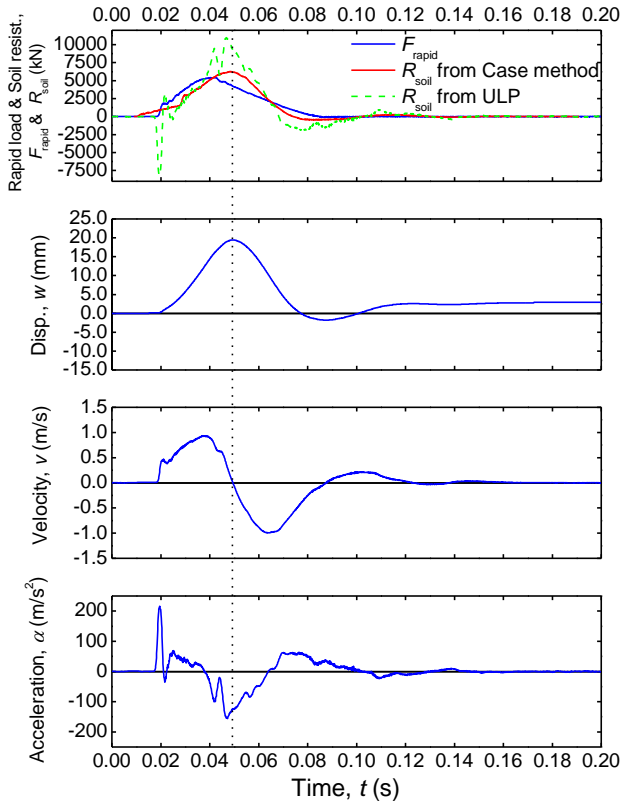


図-4 地盤抵抗および急速荷重, 変位, 速度, 加速度の時刻歴 ( $T_r = 3, h = 1.0$  m)

図-5は  $T_r = 3 \sim 5$  の RLT に対する, ULPC\_CM 法解析による  $P_h - w$  関係と SLT 結果の比較を示す。

いずれの RLT でも, ULPC\_CM 法解析結果は SLT 結果とほぼ一致している。すなわち ULPC\_CM 法では,  $T_r$  が 3 まで減少しても,  $P_h - w$  関係は  $T_r$  の影響をほぼ受けないことがわかる。

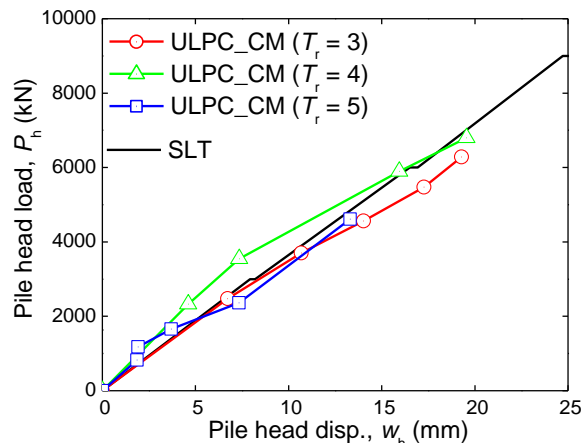


図-5 ULPC\_CM 法による杭頭荷重  $P_h$ -変位  $w$  関係

なお, ULPC\_CM 法と ULPC 法の結果を比較し易いように, 図-3 および図-5 の結果を図-6 にまとめて示す。

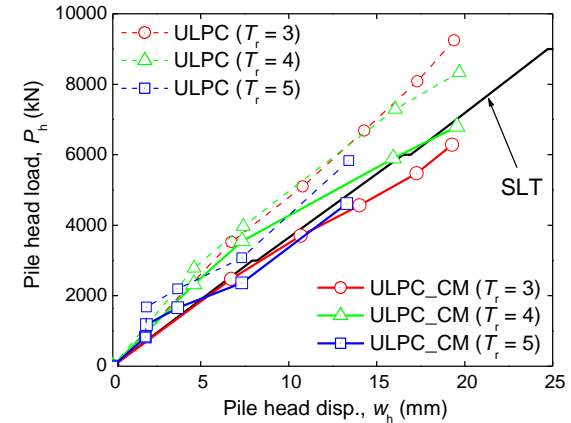


図-6 ULPC 法と ULPC\_CM 法による  $P_h - w$  関係の比較

6. 解析結果の比較・考察

図-7は,  $T_r = 3, 4, 5$  の RLT における  $F_{rapid}$ ,  $R_{soil}(Case)$ ,  $R_{soil}(ulp)$  の時刻歴を示したものである。 $T_r = 5$  では,  $R_{soil}(Case)$  と  $R_{soil}(ulp)$  の間に大きな差は見られない。 $T_r = 4, 3$  と小さくなるにつれて,  $R_{soil}(Case)$  と  $R_{soil}(ulp)$  の間に大きな差が生じている。この結果は, 児島・西村 (2021) の指摘に一致している。今後の更なる検証は必要であるが, ULPC\_CM 法は  $T_r = 3$  までの RLT に適用できる可能性を示している。

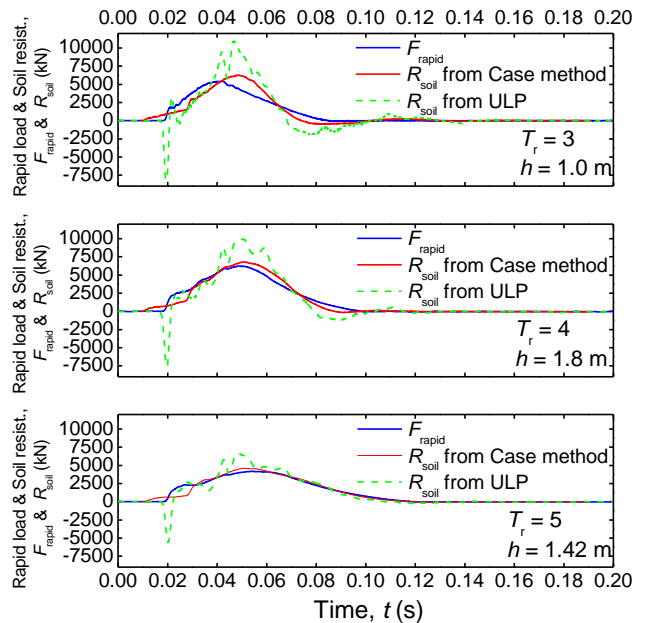


図-7  $T_r = 3, 4, 5$  の RLT における  $F_{rapid}$ ,  $R_{soil}(Case)$ ,  $R_{soil}(ulp)$  の時刻歴

7. おわりに

本試験での載荷荷重は, 地盤の弾性変形範囲内 (履歴荷重範囲内) であった。ULPC\_CM 法による極限荷重までの  $P_h - w$  関係の推定については, 今後実証実験を通じて検証する予定である。

本試験結果では, ULPC 法による解析は  $T_r = 5$  が適用限界であった。一方, ULPC\_CM 法による解析は  $T_r = 3$  まで適用できた。今後は, 更に短い  $T_r$  での RLT を行い, ULPC\_CM 法の適用限界を検討する。

【参考文献】

児島・西村 (2021) : 急速載荷試験の地盤抵抗の解析方法について, 第 56 回地盤工学研究発表研究会。