

タイの粘土地盤における場所打ちコンクリート杭の静的載荷試験と急速載荷試験結果の比較

杭, 急速載荷試験, 貫入速度効果  
Pile, Rapid load test, Penetration rate effect

地盤試験所 国際会員 ○亀井 秀一  
国際会員 MANDAL Ram Krishna 国際会員 林 世峻  
STS Corporation SUWANAWATE Thitikarn  
金沢大学名誉教授 国際会員 松本 樹典

1. はじめに

本稿ではタイ国パトゥムターニー県ムアンパトゥムターニー郡（図-1）において実施した場所打ちコンクリート杭の静的載荷試験(SLT)および急速載荷試験(RLT)結果について発表する。

RLT では、除荷点接続法（ULPC 法）と $\alpha\beta$  法<sup>1)2)</sup>で解析した。これらから得られた荷重－変位置量関係を SLT 結果と比較・考察した。



図-1 タイ国における試験位置図<sup>3)</sup>

2. 試験概要

2.1 地盤条件

試験実施箇所は、同国で 2011 年に発生した大洪水で氾濫したチャオプラヤー川流域の氾濫平野地域にあり、同河川から 2 km 離れた地点である。敷地平面図および試験杭と地盤調査位置関係を図-2 に示す。地盤調査結果、杭の打設深さを図-3 に示す。試験地盤は、粘性土が主体の地盤構成である。

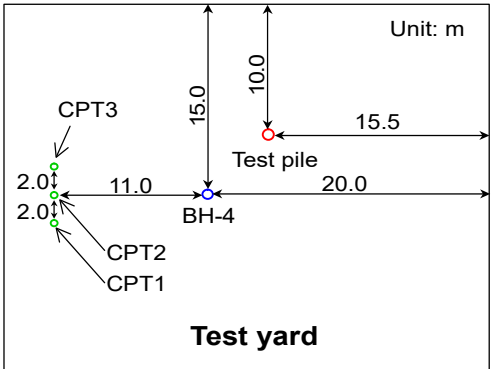


図-2 敷地平面図および試験杭と地盤調査位置関係

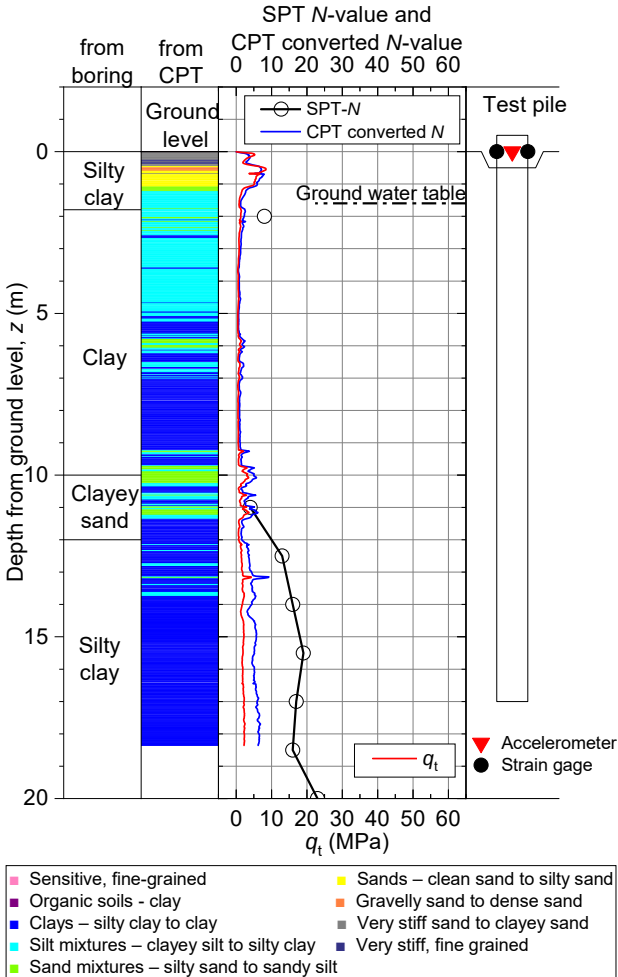


図-3 地盤調査結果(SPT at BH-4, CPT2), 杭の打設深さ

2.2 試験杭の仕様と試験順序・種類

表-1 に試験杭の仕様を示す。図-3 に示すように、杭頭近くで加速度  $a$  と軸ひずみを測定した。 $a$  の時間積分により速度  $v$  と変位  $w$  を求めた。さらに、杭頭にロードセルを設置し急速荷重  $F_{\text{rapid}}$  を測定した。

表-2 に載荷試験の実施順序と種類を示す。

表-1 場所打ちコンクリート試験杭の仕様

| Item                                        | Value  |
|---------------------------------------------|--------|
| Pile length, $L$ (m)                        | 17.5   |
| Embedment length, $L_d$ (m)                 | 17.0   |
| Outer diameter, $D_o$ (mm)                  | 350    |
| Cross-sectional area, $A$ (m <sup>2</sup> ) | 0.0962 |
| Young's modulus, $E$ (GPa)                  | 34.656 |
| Density, $\rho$ (ton/m <sup>3</sup> )       | 2.40   |
| Bar wave velocity, $c$ (m/s)                | 3800   |
| Mass, $m$ (ton)                             | 4.040  |

Comparison of static load test and rapid load test of a cast-in-place concrete pile in a clayey ground in Thailand

Kamei S., Lin S., Mandal R.K., Yamamoto I., (Jibanshikenjo Co.), Suwanawate T. (STS Corporation), Matsumoto T. (Kanazawa University)

表-2 試験順序と試験種類

| Date       | Elapsed time (day) | Type of load test |                                 |
|------------|--------------------|-------------------|---------------------------------|
| 2023/08/07 | 0                  | —                 | Pile installation               |
| 2023/09/04 | 28                 | SLT 1             | Step load test                  |
| 2023/12/19 | 134                | RLT               | $m_h = 4 \text{ ton}$ , 8 blows |
| 2023/12/23 | 138                | SLT 2             | Step load test                  |

3. 急速载荷試験の解析法

3.1 ULPC 法

ULPC 法は地盤工学会基準 杭の急速载荷試験方法 (JGS 1815-2002) <sup>4)</sup> に記載されている除荷点 (ULP) 法を拡張した方法である。詳細は (小林 他, 2025) を参照されたい。

3.2  $\alpha\beta$  法

$\alpha\beta$  法では、地盤条件を考慮して決定する係数  $\alpha$ ,  $\beta$  を既往の研究事例からそれぞれ  $\alpha = 1.0$ ,  $\beta = 0.2$  とした。

4. 载荷試験結果

4.1 静的载荷試験 (SLT)

SLT は表-2 にあるように、RLT の前後で実施した。結果は後述する RLT 結果との比較で示す。

4.2 急速载荷試験 (RLT)

RLT では質量  $m_h = 4 \text{ ton}$  の重錘を用い、落下高さ  $h$  を  $0.09 \sim 1.20 \text{ m}$  に増加して 8 回の試験 (打撃) を行った。RLT では軟クッションのばね係数を調整し、载荷時間  $t_L$  を相対载荷時間  $T_r = t_L / (2L/c) = 5$  となるようにした。

図-4 は、ハンマー落下高  $h = 1.20 \text{ m}$  の RLT における急速荷重  $F_{\text{rapid}}$ 、杭頭変位  $w$ 、速度  $v$ 、加速度  $a$  の時刻歴を示す。なお、 $F_{\text{rapid}}$  の時刻歴に加えて、ULPC 法から求めた地盤抵抗  $R_{\text{soil}}$  (ULPC) と  $\alpha\beta$  法から求めた静的抵抗  $R_w$  ( $\alpha\beta$  method) も示している。

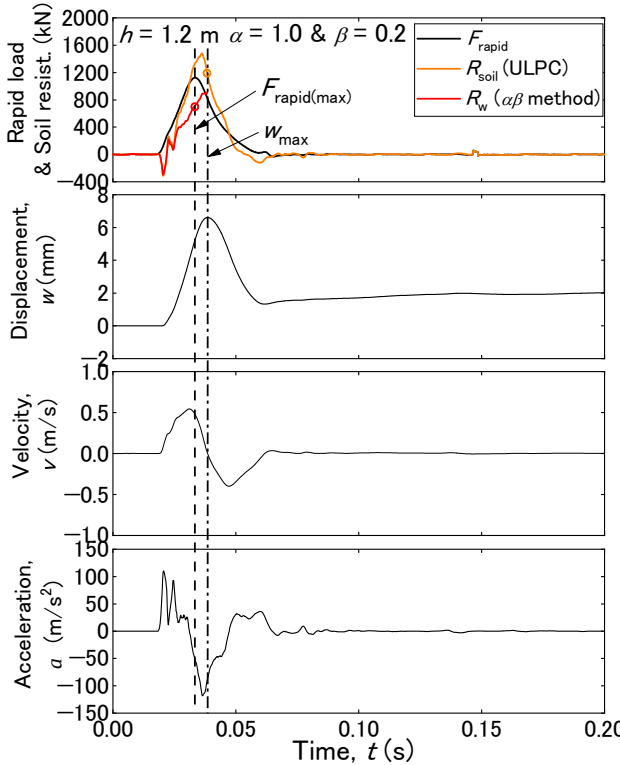


図-4 動的シグナルの一例 ( $h = 1.20 \text{ m}$ )

4.3 荷重－変位量関係の比較

図-5 に ULPC 法と  $\alpha\beta$  法による  $R_w$ － $w$  関係と SLT 結果の比較を示す。RLT 結果に着目すると、ULPC 法の最大静的抵抗力は  $\alpha\beta$  法の 1.6 倍とかなり大きな値を示す結果となった。また、RLT 結果を SLT 結果と比較すると、ULPC 法による荷重－変位曲線は SLT 結果を過大評価している。一方、 $\alpha\beta$  法による荷重－変位曲線は SLT 結果とよく整合している。

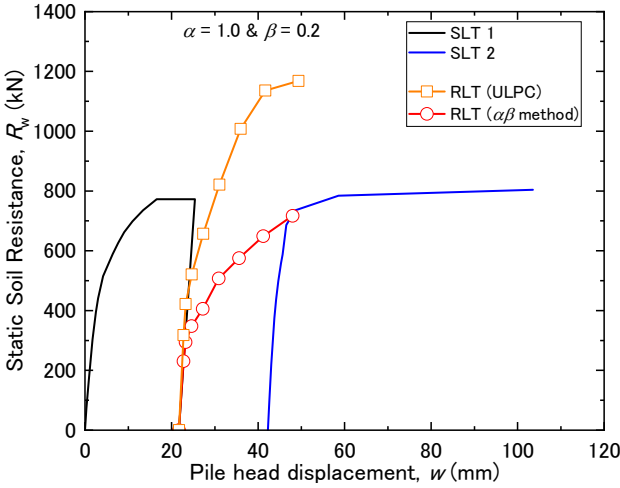


図-5 ULPC 法と  $\alpha\beta$  法による静的な荷重－変位関係と SLT 結果の比較

5. まとめ

$\alpha\beta$  法による静的な荷重－変位量関係は、静的载荷試験結果と整合した結果が得られた。一方、ULPC 法による荷重－変位量関係は、静的载荷試験結果を過大評価した。一般に粘性土地盤の強度にはひずみ速度効果があるとされているが、ULPC 法が過大評価となった原因にこの影響が含まれている可能性が考えられる。

今回の結果を踏まえ、ULPC 法や  $\alpha\beta$  法の適用範囲を今後さらに検討していく。また、 $\alpha\beta$  法で設定した  $\alpha$ ,  $\beta$  の値は既往研究事例から経験的な値を設定したものであるため、設定方法についてもさらなる検証を進める。

参考文献

1) 小林 他 (2025): 砂地盤に施工された鋼管杭の静的载荷試験および各種解析法による急速载荷試験結果の比較 その 1 : 急速载荷試験シグナルの各種解析法, 第 60 回地盤工学研究発表会.  
2) 関口 他 (2025): 同上 その 2 : 静的载荷試験および急速载荷試験結果, 第 60 回地盤工学研究発表会.  
3) d-maps.com, [https://d-maps.com/carte.php?num\\_car=3978&lang](https://d-maps.com/carte.php?num_car=3978&lang)  
4) JGS 1815-2002 杭の鉛直载荷試験方法・同解説 (第一回改訂版) 杭の急速载荷試験方法, 地盤工学会.