

同種シグナルの多点測定を用いた杭の急速載荷試験による荷重－変位関係の評価（その2：検証実験）

多点シグナル測定，一次元波動理論，
急速載荷試験
Multi-point signal measurement, one-
dimensional wave theory, Rapid load test

地盤試験所○国際会員 林 世峻 正会員 岩田 兼太郎
国際会員 亀井 秀一 国際会員 中山 敦
国際会員 MANDAL Ram Krishna
金沢大学名誉教授 国際会員 松本 樹典

1. はじめに

（その1）¹⁾では，急速載荷試験(RLT)における同種シグナルの多点測定による荷重－変位関係評価手法を提案した。本報（その2）では，実規模の杭を用いた RLT に対し本手法を適用し，提案手法の妥当性を検証した。妥当性の検証にあたっては，静的載荷試験(SLT)の結果および従来の RLT 解析手法に基づく結果と比較した。

2. 試験概要

2.1 地盤条件

実験は，(株)地盤試験所の猿島試験場で実施した。図-1に地盤調査位置と杭の配置を示す。同図のように試験杭近傍にて，標準貫入試験(SPT)を1箇所，三成分コーン貫入試験(CPT)を5箇所で実施した。

図-2は，地盤調査結果，杭打設深さおよび計測項目・位置を示す。地表から深さ $z=5\text{ m}$ までは $N=1\sim3$ ，それ以深では，深さとともに N 値が増加し， $z=10\text{ m}$ 以深では $N=30$ の砂質層が存在する。試験杭は杭先端深度で $N=20$ 程度となる $z=10.3\text{ m}$ まで貫入した。なお，地下水位は G.L. -3.5 m である。

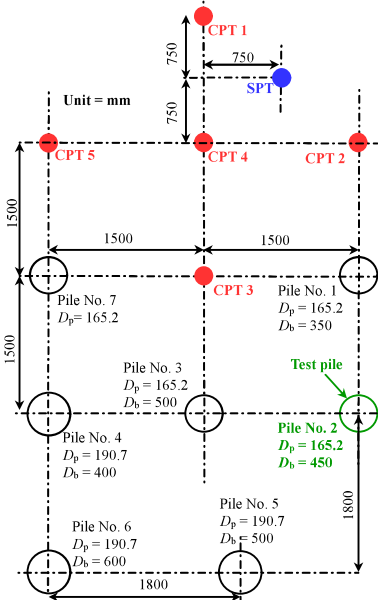


図-1 試験杭と調査位置関係

2.2 試験杭の仕様と計測項目

試験杭の仕様を表-1に示す。試験杭は先端に円形の羽根を設けた先端羽根付き鋼管杭（BSPP）のNo.2を用いた。

図-2に示すように，杭頭部近傍の2点（ $x=x_1, x_2$ ）にそれぞれひずみ計および加速度計を設置した。本報におけ

る提案法の検証にあたっては，このうち加速度計から得られた信号のみを解析に用いることとし，ひずみ計のデータは解析結果の比較・検証用に用いる。

試験杭打設後，30日後にSLT，その後38日後に1回目のRLT，さらに17日後に2回目のRLTを実施した。2回目のRLTにおいて，本提案法と従来方法による結果を比較した。

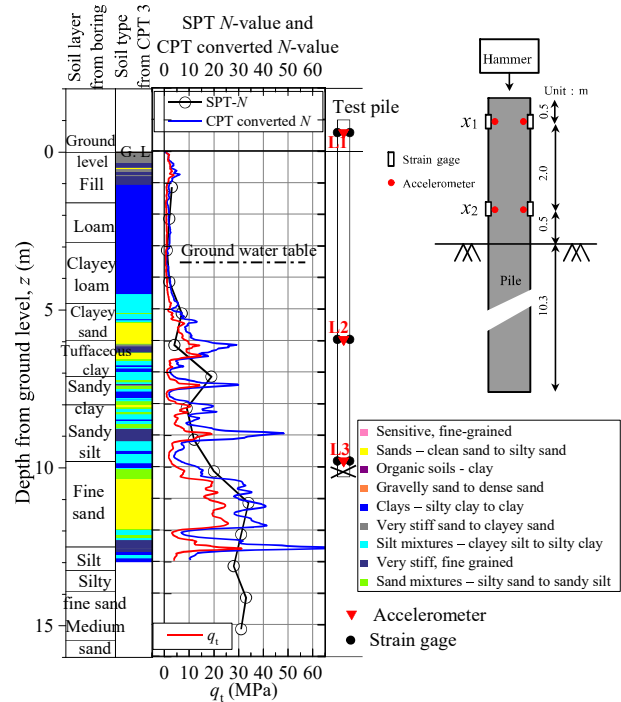


図-2 地盤調査結果(SPT, CPT)，杭の打設深さ，計測項目・位置

表-1 試験杭（先端羽根付き鋼管杭）の仕様

Item	Value
Pile No.	2
Pile outer diameter, D_p (mm)	165.2
Blade diameter, D_b (mm)	450
Pile length, L (m)	13.3
Embedment length, L_e (m)	10.3
Pile wall thickness., t_p (mm)	7.1
Blade thickness., t_b (mm)	30
Pile cross-section area, A_p (m ²)	3.53×10^{-3}
Blade area, A_b (m ²)	0.159
Young's modulus, E (GPa)	206.8
Density, ρ (ton/m ³)	7.88
Mass, m (ton)	0.40
Pile impedance, Z (kN·s/m)	141

Multi-point identical signal measurements for estimation of load-displacement curves of a bladed steel pipe pile from rapid load tests (Part 2: Experimental verification)

Lin S., Iwata K., Kamei S., Nakayama A., Mandal R.K., (Jibanshikenjo Co.), Matsumoto T. (Kanazawa University)

3. 試験結果

3.1 RLT 解析手順および動的シグナル処理

最初に、杭頭部近傍 2 点(x_1, x_2)の加速度シグナルを時間積分し、速度(v_1, v_2)および変位(w_1, w_2)を算出した。次にこの 2 点の速度のみを用いて一次元波動理論に基づく波動分離を行い、下降波に伴う粒子速度 v_d および上昇波に伴う粒子速度 v_u を算定した。これにインピーダンス Z を乗じて下降力波 F_d および上昇力波 F_u を得た。

図-4 にハンマー落下高さ $h = 1.8 \text{ m}$ 時の RLT における x_1 の測定シグナルと本提案法による算定シグナルを示す。図(a)は 2 点(x_1, x_2)での測定加速度である。図(b)は 2 点での速度 v_{1_acc}, v_{2_acc} と x_1 における v_{d1_acc} と v_{u1_acc} である。図(c)は 2 点における変位（加速度の 2 階積分）である。図(d)は従来方法（1 点における力と速度）からの下降力波 F_{d1_PDA} および上昇力波 F_{u1_PDA} と提案法（2 点における速度）によるそれら F_{d1_acc}, F_{u1_acc} である。提案法による結果は従来方法による結果と一致している。図(e)に示すように、提案法の地盤抵抗力($R_{soil_acc_ULPC_CM}$)は、従来方法の地盤抵抗力($R_{soil_PDA_ULPC_CM}$)に非常によく一致している。

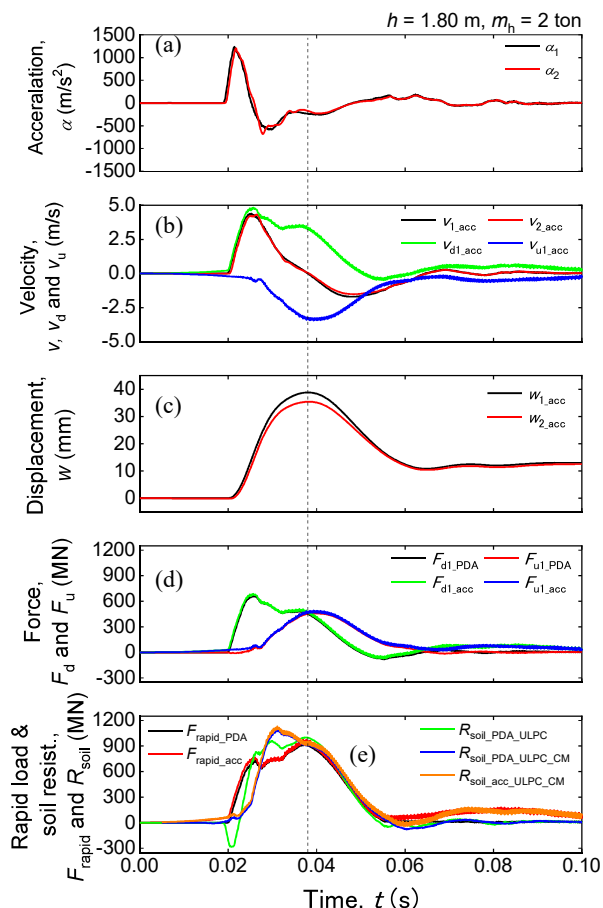


図-4 提案法および従来方法による解析結果の比較の一例 (Pile No. 2, $h = 1.80 \text{ m}$)

3.2 SLT と RLT による静的な荷重－変位関係の比較

図-5 に本提案法（2 点での加速度のみ）および従来方法（1 点でのひずみ・加速度併用）により算定した杭の静的な荷重－変位曲線の比較である。

2 回目の RLT における本提案法からの ULPC_CM 結果は、従来方法の ULPC_CM の荷重－変位関係とよく一致

した。また、ULPC 法は本提案および従来方法の荷重を過大評価した。本提案法の ULPC_CM 法による荷重－変位関係は、SLT, 1 回目の RLT の ULPC_CM 結果に整合した。

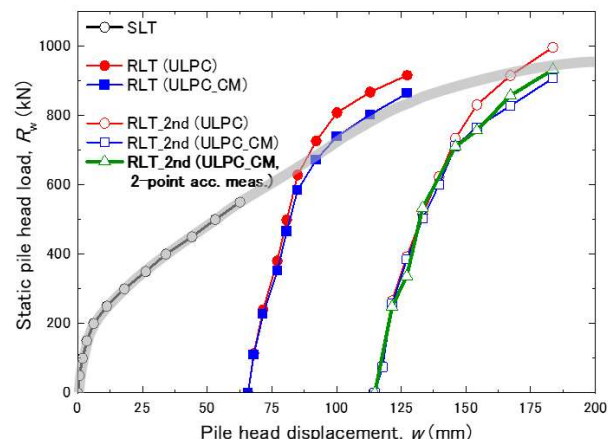


図-5 SLT および各 RLT 解析手法による静的荷重－変位関係の比較 (Pile No. 2)

4. 同種シグナルの多点測定の特長

本提案法の特長として、試験結果の信頼性向上が挙げられる。従来方法（1 点での別種のシグナル、ひずみ計と加速度計）ではいずれか一方に不具合が生じた場合、解析が不可能となる。もし、2 点において別種シグナルを測定しておく、一方のシグナルに不具合やノイズが混入した場合でも、残る正常な同種シグナルを用いて解析が可能となる。すなわち、バックアップシグナルの同時測定によって、試験全体の信頼性を高めることができる。

また、計測および解析の簡便化が期待される。本提案法は速度等の同種シグナルの多点測定で解析が可能である。測定シグナルの種類が削減されることで、現場でのセンサー設置や測定にかかる手間が削減される。

本提案法は複数点の同時変位計測が可能なカメラを用いた測定法との親和性が高い。カメラを用いることで、試験杭に直接センサーを設置する必要がなくなり、より迅速かつ簡便に試験を実施できる可能性がある。

5. まとめ

本報告（その 1, その 2）では、先端羽根付き鋼管杭 (BSPP) の急速載荷試験 (RLT) において、同種シグナルの多点測定と一次元波動理論に基づいた新たな解析手法を提案し、実規模実験による検証を行った。得られた成果を以下にまとめる。

- ・ 加速度計等の同種シグナルの 2 点測定に基づき、波動理論を適用した波動分離および地盤抵抗力算定の手順 (ULPC_CM 法) を示した。
- ・ 実規模の BSPP を用いた試験の結果、本提案法による静的な荷重－変位関係は、静的載荷試験 (SLT) および従来の RLT 解析方法の結果と一致した。

参考文献

- 1) 岩田他：同種シグナルの多点測定を用いた杭の急速載荷試験による荷重－変位関係の評価（その 1：解析手法），第 61 回地盤工学研究発表会。
- 2) 地盤工学会：杭の鉛直載荷試験方法・同解説 第一回改定版，2002.5