

重錘落下方式急速載荷試験  
その1 荷重-沈下量計測の信頼性

急速載荷試験 正 (株)地盤試験所 大石 淳之 正 (株)トーヨーアサノ 林 隆浩  
 静的荷重沈下特性 正 日本工業大学 桑原 文夫 正 (株)三誠 小川ひろし  
 レーザー変位計、PSD 変位計 正 大和ハウス工業(株) 坪田 昌之 正 (株)地盤試験所 宮坂 享明

1 はじめ

近年、軟クッションを用いる重錘落下方式急速載荷試験が注目されている。その理由は、静的載荷試験のように反力杭や載荷桁を必要としないこと、衝撃載荷試験に比べて静的載荷試験結果に近いことなどが挙げられる。さらに最近では、PSD を用いた高性能非接触型変位計が開発・実用化され、変位の計測精度が良くなったことから、適用件数が急増しつつある。筆者らは、様々な方法で計測される荷重および沈下量の精度を明らかにするため、現場試験を実施し、さらに試験の結果を検証するため、載荷過程の時刻歴応答を調べ、数値シミュレーションを行った。

2 試験概要

2-1 試験装置および載荷段階

今回の急速載荷試験は、軟クッションを用いる多段階重錘落下方式と

表-1 載荷方法

重錘質量	最大落下高	落下高ピッチ	試験最大荷重
t	m	m	kN
2	1.4	0.2	400
4	1.1	0.2	800

し、重錘落下装置を図-1 に示す。載荷段階を表-1 に示す。落下効率を95%として算定すると、試験最大荷重は約800kNとなる。

表-2 試験杭仕様

杭径	鋼管厚	杭長	先端羽径
mm	mm	m	mm
165.2	7.1	10	325 t=12



図-1 試験装置

2-2 試験杭および試験地盤仕様

試験杭仕様を表-2、試験地盤柱状図を図-2 に示す。

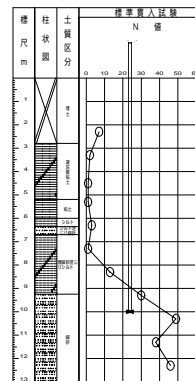


図-2 試験地盤柱状

2-3 軟クッションの選定

今回の試験に用いた軟クッションの仕様を表-3 に示す。表-3 に示すバネ定数を用いて、杭頭が沈下しない条件における2tハンマーの運動軌跡から算定すると、載荷時間が約0.08秒で、ウェブナンバー(Nw)が約40となる。なお、軟クッションのバネ定数については、同報文その2を参照されたい。

表-3 軟クッション仕様

軟クッションタイプ	寸法			バネ定数 Ks
	幅	奥行	高さ	
6325	330	330	330	3300

2-4 計測項目

計測項目は表-4 に示す。

表-4 計測項目

計測項目	計測センサー	点数
杭頭荷重	ロードセル	1
杭頭ひずみ	ワイヤストレンゲージ	2
	ブリッジストレンゲージ	2
杭頭変位	PSD変位計	1
	レーザー変位計	1
杭頭加速度	圧電式加速度計	2

3 試験結果

3-1 荷重経時変化の計測結果

2種類のひずみ計から算定した荷重およびロードセルから測定した荷重を比較するために、落下高0.6m、1m、1.4m時の経時変化をまとめて図-3に、荷重最大値を表-5に示す。図-3をみると、落下高が1mまでは、いずれのひずみ換算荷重もロードセル荷重計測結果とほぼ一致していること、落下高が1.4mになるとひずみ計換算荷重が、ロードセル荷重より若干大きな値を示すことなどがわかる。これは杭材料の非線形性に起因するものと考えられる。表-5をみると、落下高が1.4m時のロードセル荷重576kNに対して、ブリッジストレンゲージのひずみ(約996μ)からの換算荷重は645kNであり、ロードセル荷重に対して1.12倍であった。今回の試験により、ロードセルの固定状態が荷重計測結果に大きな影響を与えることがわかった。ロードセルがしっかり固定されていれば精度の高い計測はできるが、実際完全に固定することが困難なため、後半の4t重錘試験においては、ひずみ計による荷重管理を行った。

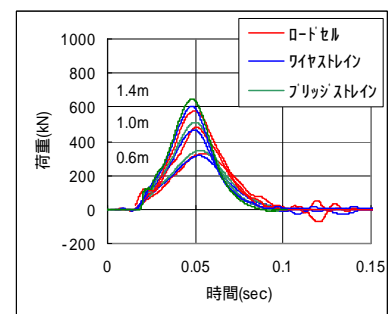


図-3 荷重経時変化の計測結果

表-5 荷重最大値一覧

		落下高(m)					
		2tモンケン			4tモンケン		
		0.6	1.0	1.4	0.4	0.8	1.1
ワイヤストレンゲージ	(μ)	487	718	932	659	1162	906
	(kN)	316	465	604	479	844	658
	比率	0.97	0.96	1.05			
ブリッジストレンゲージ	(μ)	534	789	996	591	950	1380
	(kN)	346	511	645	430	690	1003
	比率	1.06	1.06	1.12			
ロードセル	(kN)	326	483	576	---	---	---
	比率	1.0	1.0	1.0	---	---	---

ワイヤストレンゲージは4tモンケン落下高1.1m時に断線

3-2 沈下量経時変化の計測結果

加速度から積分した沈下量、レーザー変位計および PSD 変位計による実測値を比較するために、落下高0.6m、1m、

1.4m 時の経時変化をまとめて図-4 に、変位最大値を表-6 に示す。図-4 をみると、レーザー変位計の計測結果は PSD および積分値より若干遅れていることがわかる。これは、レーザー変位計を取り付けた基準梁の基点位置が、試験杭と 5m しか離れていなかったため、地盤変位も拾ってしまうことによるものと思われる。また、積分値は立ち上がりでは PSD とよく合致しているが、最大変位が過小評価していることなどがわかる。表-5 をみると、落下高が 1.4m 時の PSD 変位計最大値 17.41mm に対して、積分最大値が 16.09mm であった。

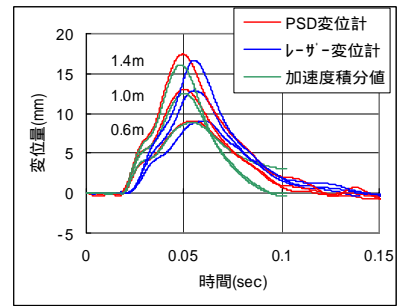


図-4 沈下量経時変化の計測結果

3-3 急速荷重沈下曲線と除荷点法による静的荷重沈下曲線の推定

図-5 に各種急速荷重沈下曲線から、杭の慣性力を差引いて求めた地盤抵抗沈下曲線を示し、その上に速度  $v=0$  の点をプロットした。図-5 から、地盤・杭が弾性的挙動を示す範囲内では、レーザー変位計を用いた地盤抵抗沈下曲線を除き、すべて除荷点(速度  $v=0$ , 沈下  $S=\max$ )において、地盤抵抗  $P$  が最大値になっていること、換言すれば、地盤最大抵抗力と除荷点抵抗力が等しいことがわかる。レーザー変位計を用いた地盤抵抗沈下曲線のみ、 $S_{\max}$  の点が  $v=0, P_{\max}$  の点とずれており、除荷点 ( $v=0, S_{\max}$ ) の特定が出来なかった。また、図-5 に示すように、多段階除荷点を結んで静的荷重沈下特性を推定した。4t-1.1m 時に

変位計 (mm)	落下高(m)					
	2tモンケン			4tモンケン		
	0.6	1.0	1.4	0.4	0.8	1.1
PSD変位量	9.06	13.04	17.41	14.75	22.36	30.16
レーザー変位量	9.01	12.90	16.67	---	---	---
加速度積分値	8.86	12.53	16.09	13.97	20.76	26.83

において、杭頭残留沈下が 4.5mm となり、はじめて除荷点が最大荷重点から移動した。そのときの荷重は、980kN であり、静的載荷試験結果から得られた極限荷重と比べて若干大きな値となっていること、極限荷重にいたるまでの剛性勾配は静的載荷試験結果とほぼ合致していることがわかる。

4 考察およびまとめ

今回の試験により、下記の考察が得られた。

ロードセルの固定状態が荷重計測結果に大きな影響を与えるため、ロードセルの設置に細心の注意を要する。

ロードセルよりも、ブリッジストレインタイプひずみ計による荷重管理の方が実用性高く、試験前のキャリブレーションにより、精度の高い荷重計測が可能である。

加速度計データから得られた数値積分変位量は、PSD 高性能非接触型変位計の計測値と比較して、登り部ではよく一致している。

～ 及び図-5 から PSD 変位計-ブリッジストレイン荷重、加速度計積分値-ブリッジストレイン荷重を用いた計測結果の信頼性がもっとも高かった。

今回の試験結果から、落下エネルギーを調整して、杭・地盤が弾性的挙動を示す範囲内において、多段階的急速載荷を行うことにより、信頼性の高い杭の静的荷重沈下特性の推定ができることが明らかとなった。

今回の試験結果を踏まえて、現在 70t 重錘を装備した 30MN の急速載荷試験装置の開発に着手しており、完成次第試験を実施し、その結果については、順次報告してゆく所存である。

参考文献：1) 地盤工学会基準 杭の鉛直載荷試験方法・同解説 第一回改訂版(2003.5)

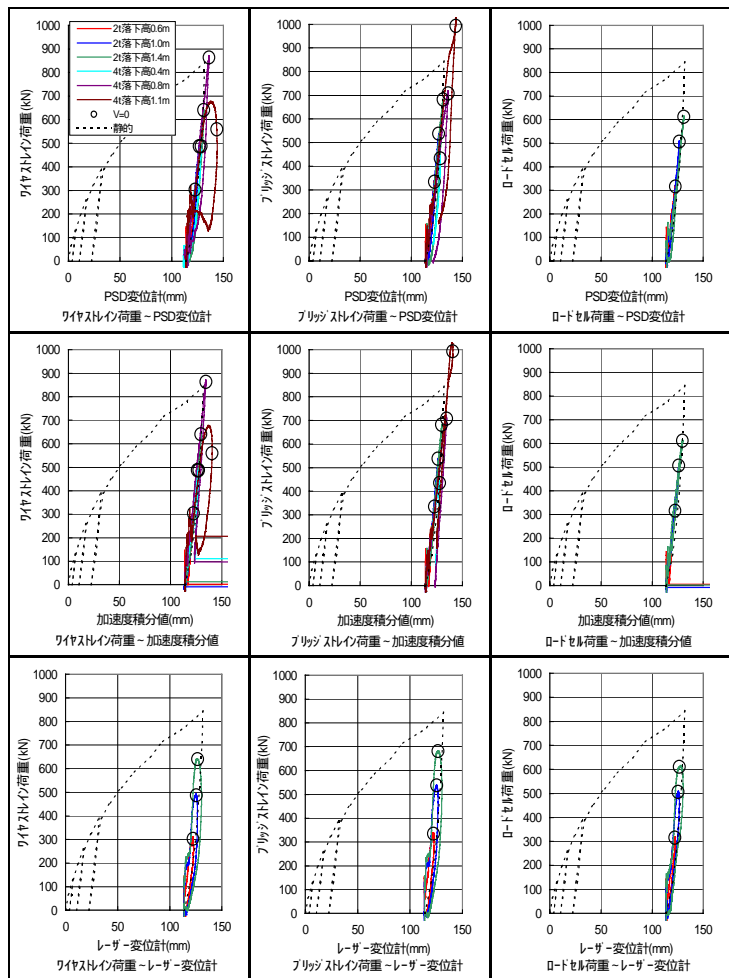


図-5 荷重沈下曲線

Rapid Load Test by Falling Mass Method 1. Reliability of Measurement of Load and Displacement

(株)地盤試験所 技術部 主任 大石 淳之 (株)トーヨーアサノ 技術工事部 統括部長 林 隆浩  
 日本工業大学 建築学科 教授 桑原 文夫 (株)三誠 専務取締役 小川ひろし  
 大和ハウス工業(株) 技術本部 坪田 昌之 (株)地盤試験所 技術部長 宮坂 享明