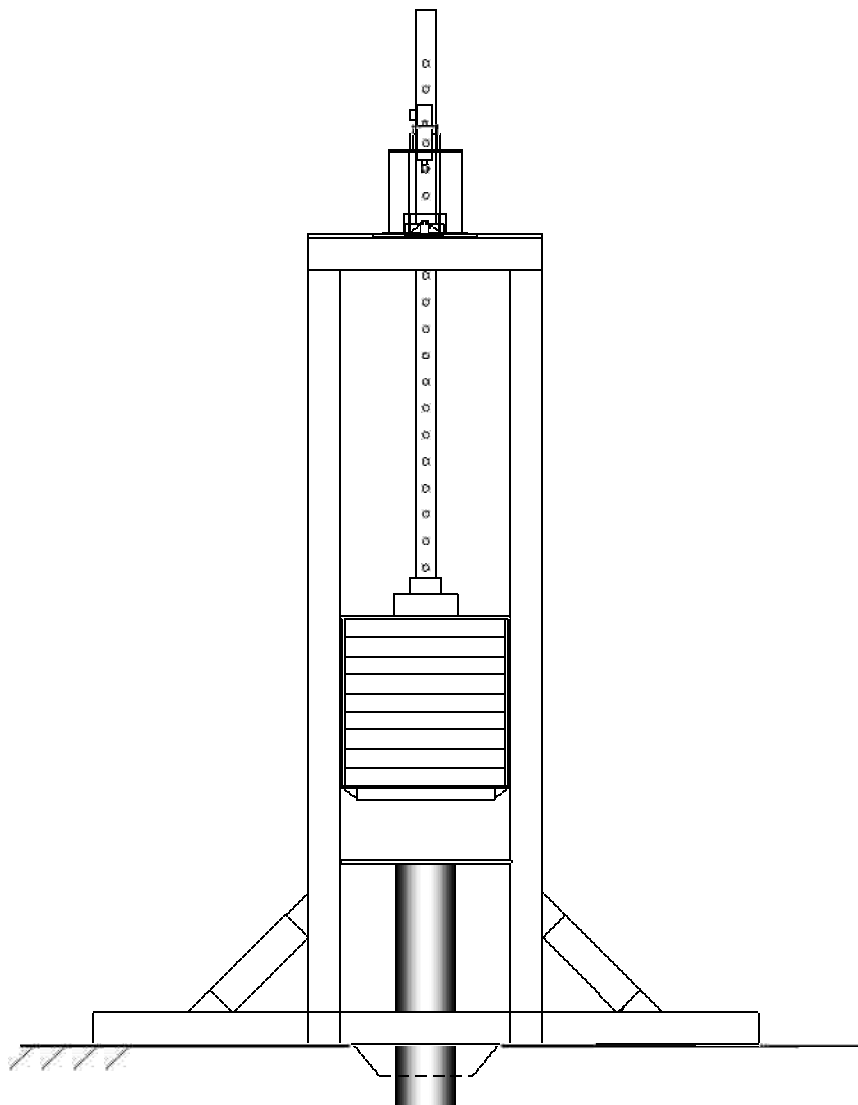


FT - Impact
による
急速載荷試験の概要



2007.6.1

多摩火薬機工 株式会社

1. FT-Impact

1.1 FT-Impact による急速载荷試験の特徴

FT-Impact による急速载荷試験は、静的载荷試験と衝撃载荷試験の中間的な特徴を持つ、杭の载荷試験方法で以下の特長がある。

- ・ 载荷時間がハンマーによる衝撃载荷試験と比べると数倍であり、载荷時の杭体の応力状態は静的载荷とほぼ等しい。
- ・ 静的と比べ载荷速度が大きく、杭体、地盤の動的効果を考慮しなければならない。
- ・ 簡易に実施できる。

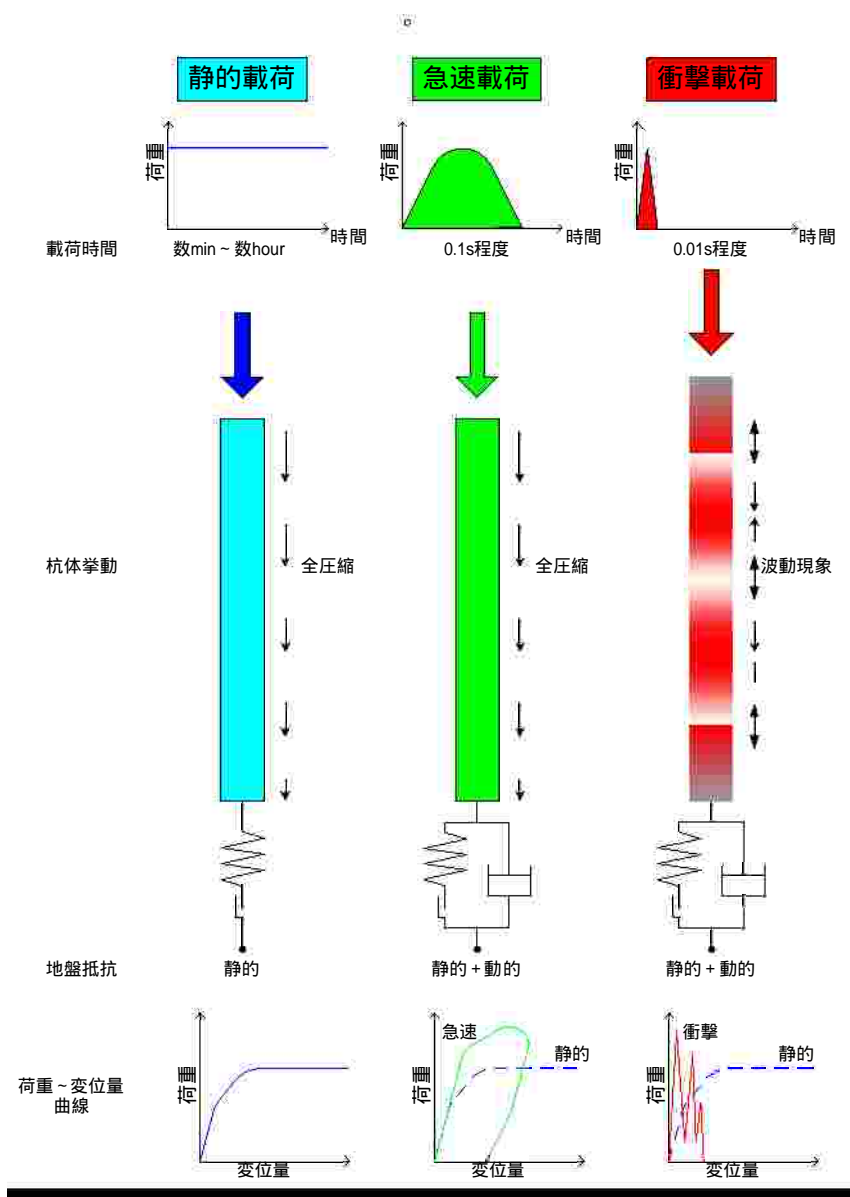
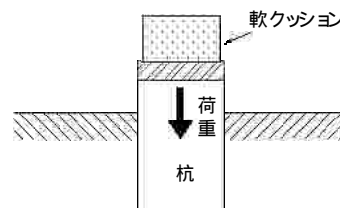
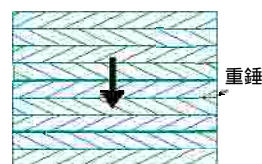


図 1-1 载荷試験時の杭の挙動

2 計測システム

計測には、オランダ応用科学研究所建設工学研究所(TNO)による動的載荷試験システム FPDS-5 (Foundation Pile Diagnostic System-5)を使用する。システムはトランスデューサ(加速度計・ひずみ計)とシグナル・コンディショナおよびコンピュータから構成される。図 2-1 に計測イメージを、また表 2-1 にシステムの仕様、使用機材を示す。

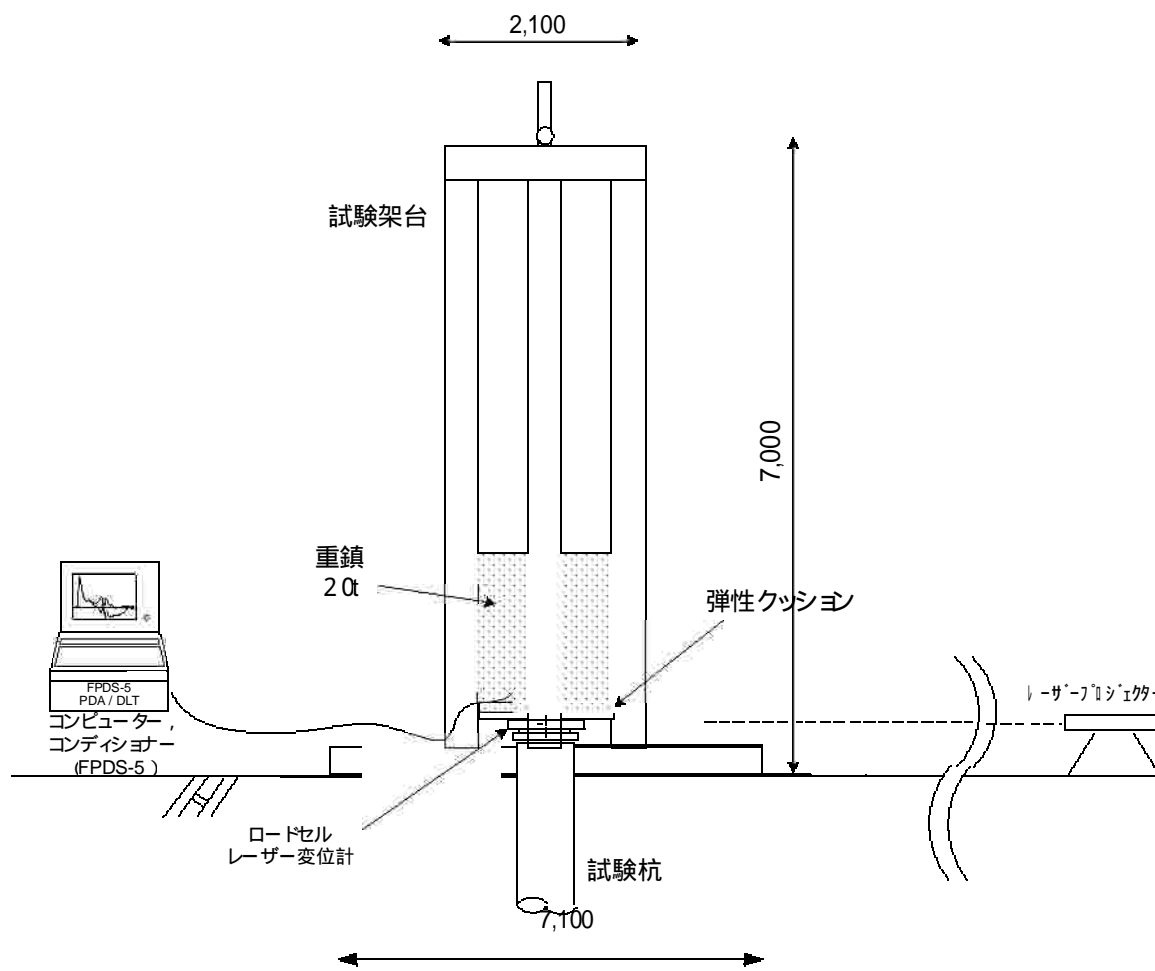


図 2-1 計測システム概要

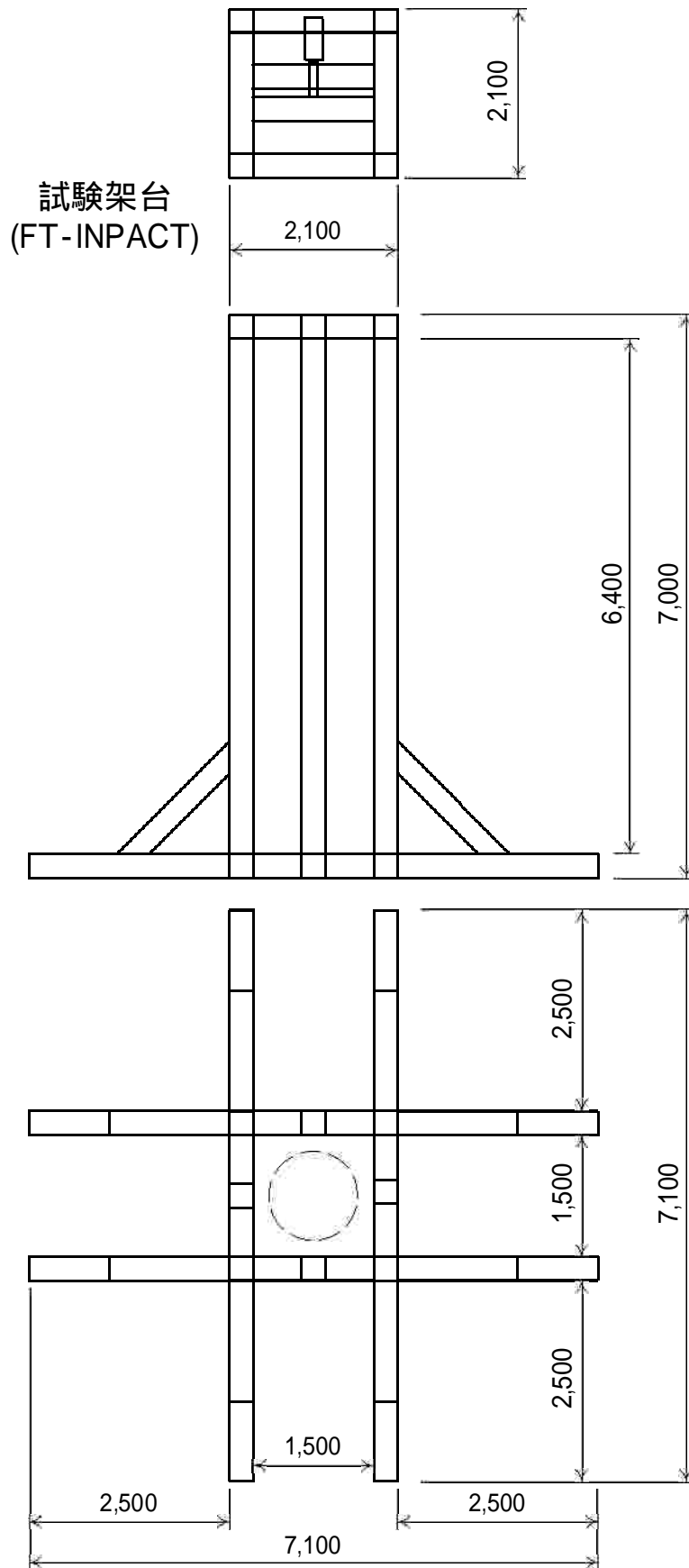


図 2-2 載荷架台

表 2-1 FPDS システム仕様・使用機材

	名 称	仕 様	数量	メーカー
? 载荷装置				
1	载荷フレーム	7.1m×7.1m×H7.0m	1	多摩火薬機工
2	重錘	20t	1	多摩火薬機工
3	弾性クッション	特殊ゴム	1	多摩火薬機工
4	クレーン	50t 以上	1	
? 計測装置				
1	データロガー(FPDS-5)	サンプリング周波数：50kHz	1	TNO
2	ロードセル	20MN	1	BHC
3	レーザー変位計	50mm	1	BHC
4	加速度計	50G	1	PCB
5	計測ケーブル	40m シールドケーブル	1	TNO
6	プログラム(STN)	データ処理	1	TNO
7	データ処理コンピュータ	IBM 互換	1	Compaq
8	計測車または計測小屋		1	
9	電源	AC100V , 50/60 Hz	1	

3 試験作業手順

3.1 ロードセル・レーザー変位計設置

杭頭にベースプレートを溶接し、レーザー変位計とロードセルが一体となった計測装置を杭頭に取り付ける。図3-1にトランスデューサの取り付け状況を示す。

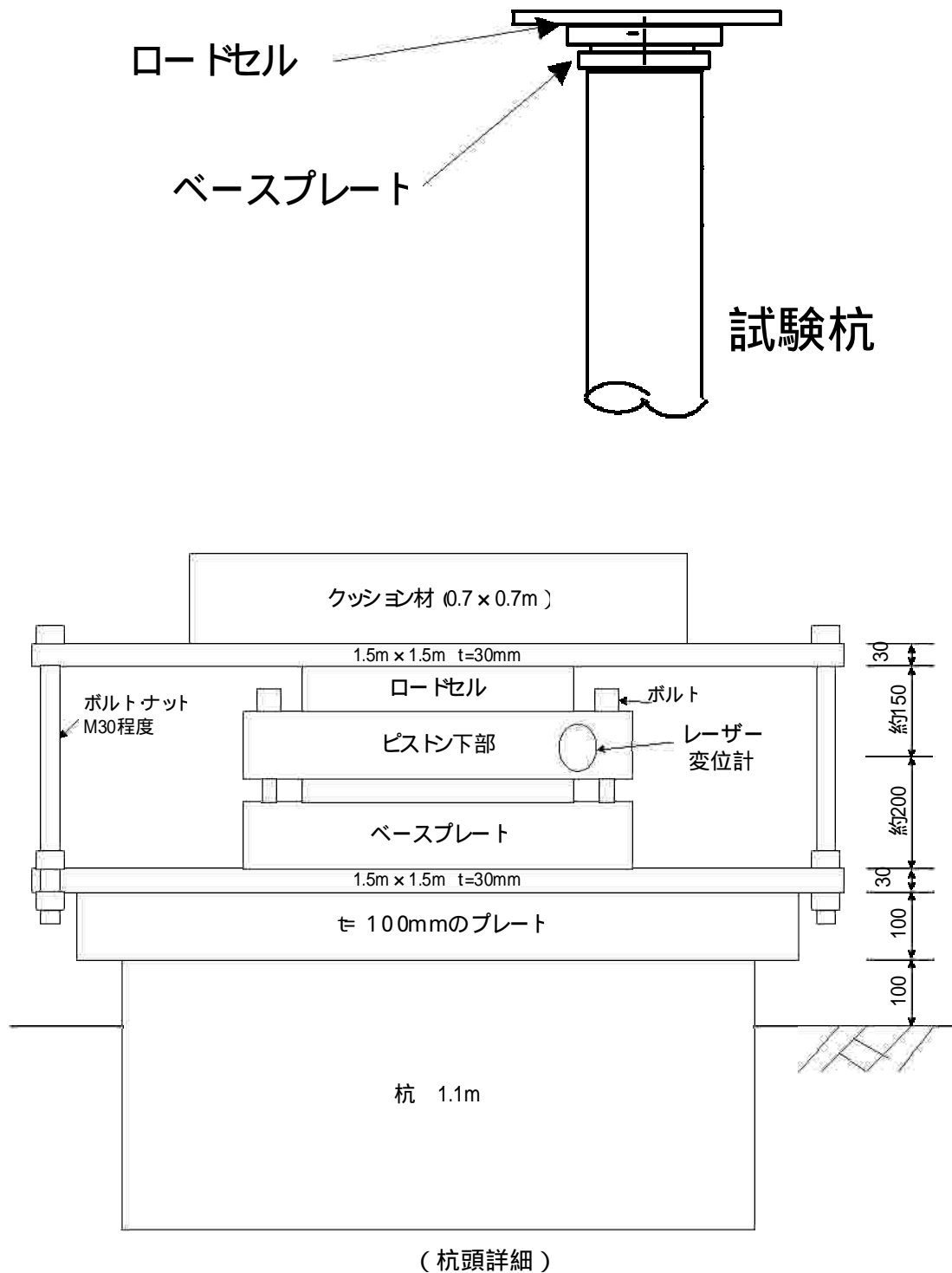


図3-1 ロードセル・レーザー変位計設置

3.2 クッションの設置

杭頭に鋼製の載荷盤を設置し、その上にゴム製の弾性クッションを設置する。

* 載荷時間の検討

急速載荷試験の条件として相対載荷時間 T_r が5以上の荷重を掛ける必要がある(地盤工学会基準 JGS 1815-2002)。

$$T_r = t_c / (2L / c) \quad (1)$$

ここに、 t_c : 載荷時間 (s), L : 杭長(m) , c : 縦波伝搬速度 (m/s)

相対載荷時間による載荷方法の定義

区分	載荷方法の定義	相対載荷時間
静的載荷	杭体と地盤の速度および加速度に依存する抵抗を無視することができる載荷	$T_r \geq 500$
急速載荷	杭体の波動現象は無視できるが、杭体と地盤の速度および加速度に依存する抵抗は無視することができない載荷時間を持つ載荷	$500 > T_r \geq 5$
衝撃載荷	杭体の波動現象や杭体と地盤の速度および加速度に依存する抵抗が顕著な載荷	$5 > T_r$

3.3 試験

クッション設置後、試験を開始する。試験は落下高さ 0.1m から開始し、3.0m まで 0.5m ピッチで高くする。1 試験ごとに杭頭の沈下量をレベルで計測する。

試験サイクルを表 3-1 波動解析プログラムにより計算した試験時の予想荷重-時間曲線を図 3-2 に示す。

ただし、杭、地盤条件により荷重が異なるので、試験サイクル(落下高さ)、クッション厚は適宜調整しながら試験を行うものとする。

表 3-2 試験サイクル

サイクル	1	2	3	4	5	6	7
落下高 (m)	0.1	0.5	1.0	1.5	2.00	2.5	3.0
トルク (kNm)	20	100	200	300	400	500	600
予想荷重 (kN)	1700	3500	4800	5800	6700	7400	8100

3.4 試験装置の解体

計測終了後、試験装置を解体する。

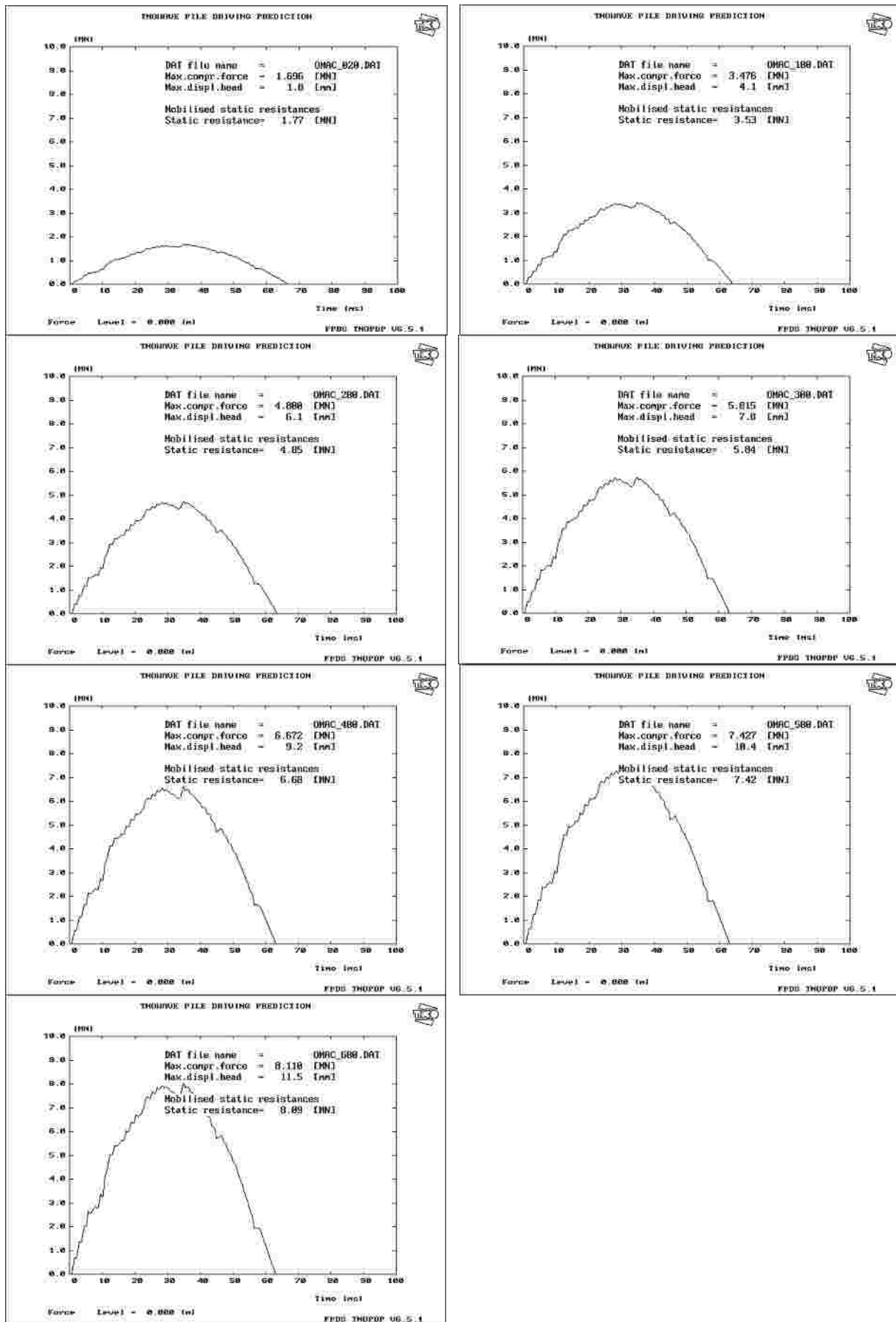


図 3-3 予想荷重-時間曲線

4. 試験結果のまとめ

4.1 データ整理

図 4-1 に急速載荷試験の測定例を示す。急速載荷試験の測定データは、時間軸上の荷重、杭頭の変位、速度、加速度により構成される。うち、荷重、加速度は直接計測され、速度および変位は加速度の時間積分から得られる。荷重と変位から、杭頭の荷重～変位曲線が得られる。

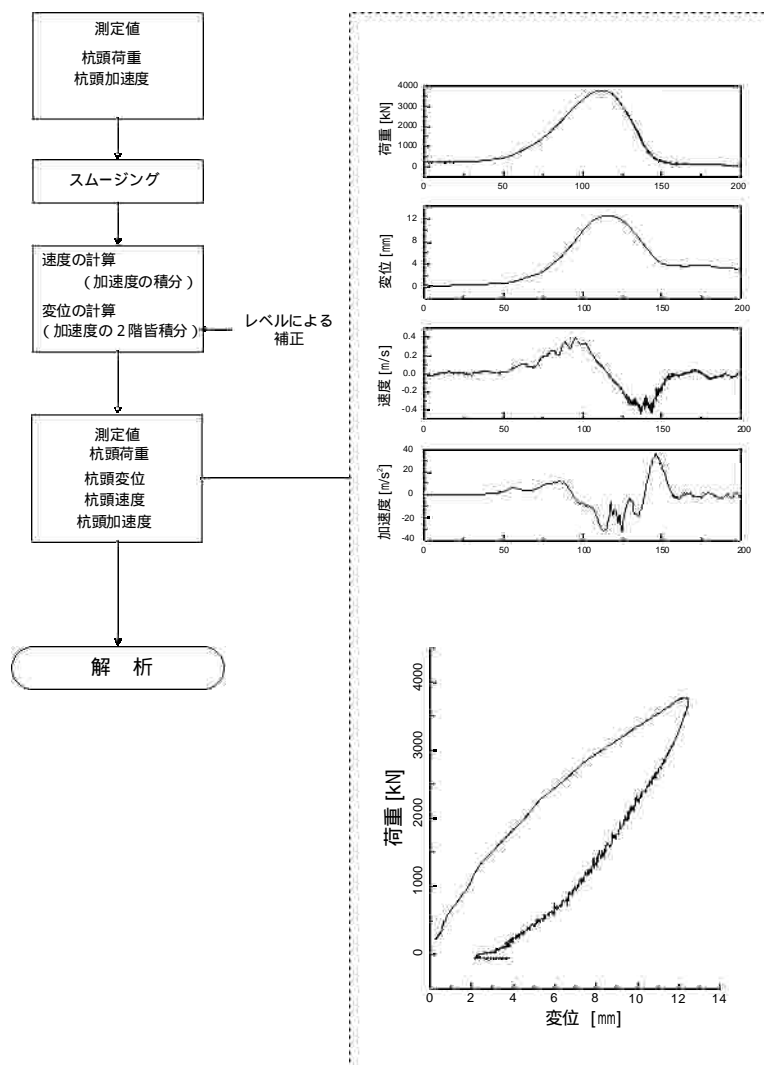


図 4-1 急速載荷試験計測データ

4.2 急速荷重試験の解析

除荷点法解析

除荷点法解析は、杭を一質点系の剛体と仮定し、図 4-2 に示すような質量 M 、減衰定数 C 、地盤ばね K を有する一質点系の運動として杭の挙動をモデル化するものである。

解析の目的は、急速荷重試験の荷重から動的抵抗成分を除いて杭頭における静的抵抗成分（静的な荷重～変位関係）を推定することである。解析に必要なパラメータは M 、 C 、 K である。

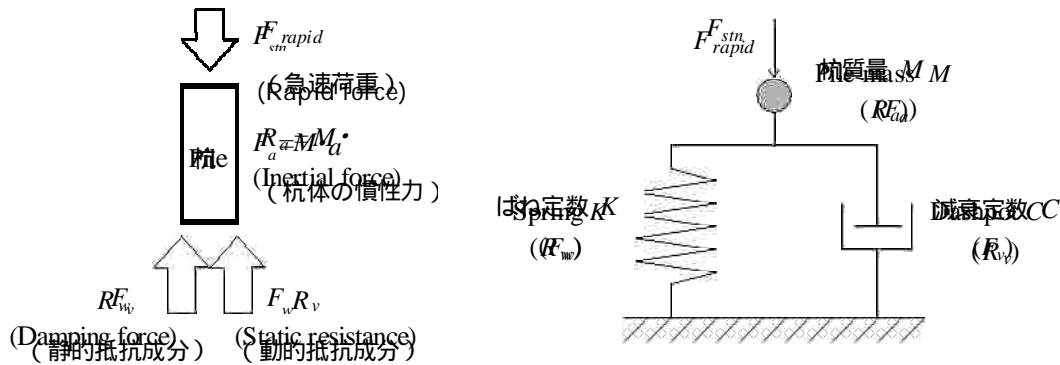


図 4-2 急速荷重試験における抵抗力成分と一質点系によるモデル化

この方法は、Middendorp et al. (ミッデンドープ、1992)が提案した方法であり、急速荷重試験の荷重 F_{rapid} が、杭の静的抵抗成分 R_w (地盤の静的抵抗成分)、杭の貫入速度に比例する地盤の動的抵抗成分 R_v および杭の慣性力 R_a の和と釣り合うとして、杭の静的抵抗成分 R_w を導くもので、力の釣り合いは式(1.1)で与えられる。

$$F_{rapid}(t) = R_a(t) + R_{soil}(t) \quad (1.1)$$

ここで、

$$R_{soil}(t) = R_v(t) + R_w(t)$$

- $R_{soil}(t)$: 地盤抵抗力
- $R_a(t) = M \cdot a(t)$: 杭の慣性力
- $R_v(t) = C \cdot v(t)$: 杭の貫入速度に比例する地盤の動的抵抗成分
- $R_w(t)$: 杭の静的抵抗成分(地盤および杭の静的変形を表す)

解析は、載荷荷重 F_{rapid} から杭の慣性力 R_a 、杭の貫入速度に比例する地盤の動的抵抗成分 R_v を順次差し引いて、残った抵抗力が杭の静的抵抗成分 R_w であり、静的な荷重～変位置量曲線に相当するものとして求める方法である。

具体的な解析手順は以下の通り。

i) 杭体の慣性力 R_a を載荷荷重 F_{rapid} から差し引き、 R_{soil} ~ 変位置量曲線を求める。

$$R_a(t) = M \cdot a(t)$$

M : 杭の質量、杭の仕様から求める。密度×断面積×長さ

$a(t)$: 計測値または、計測変位置量の2階微分

$$R_{soil}(t) = F_{rapid}(t) - M \cdot a(t)$$

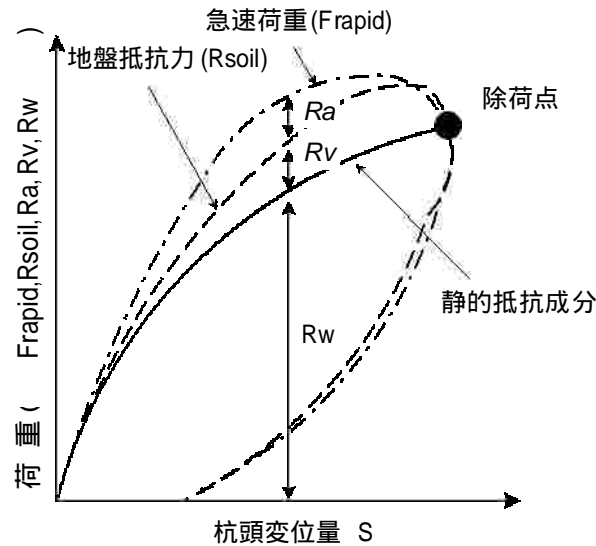


図 4-3 除荷点法による静的抵抗成分

ii) 杭の貫入速度に比例する地盤の動的抵抗成分 R_v を求め、 R_{soil} から差し引き、静的抵抗 R_w ~ 変位置量曲線を導く。

$R_{soil} \sim s$ 曲線上の最大変位置点を除荷点と呼ぶ。除荷点では速度 $v=0$ であるため $R_v=0$ となり、除荷点では $R_w=R_{soil}$ となる。すなわち除荷点に対応する R_{soil} は、スタナミック試験における静的抵抗成分の最大値 $R_{w(max)}$ と解釈される。 R_{soil} が最大値 $R_{soil(max)}$ に達した時の速度を v^* とする。 $R_{soil(max)}$ と $R_{w(max)}$ の差が R_v であるとして減衰定数 C を次式により決定する。

$$C = \{R_{soil(max)} - R_{w(max)}\} / v^*$$

$$R_v(t) = C \cdot v(t)$$

C : 地盤の粘性減衰定数、前述の式より求める。

$v(t)$: 計測加速度の1階積分

$$R_w(t) = R_{soil}(t) - C \cdot v(t)$$

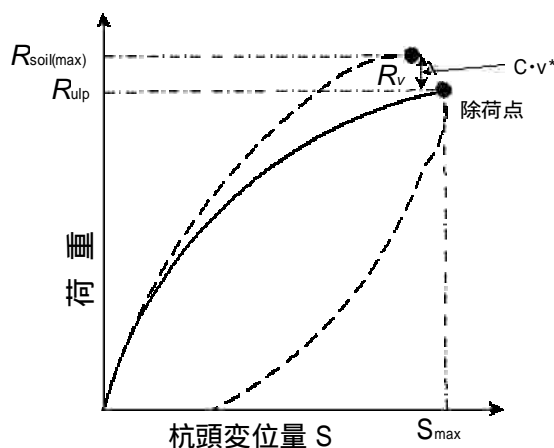


図 4-4 除荷点法による地盤の動的抵抗成分

以上の除荷点解析を全ての落下高さの試験に対して行い、各試験の残留変位ごとに重ね合わせるにより図 4-5 に示す荷重～変位量曲線を得る。

各载荷段階の最大静的抵抗力である除荷点を結ぶことにより、静的な荷重～変位量曲線を得る。

試験結果の考察としては最大落下高さにおける除荷点抵抗力が確認支持力を上回っているか否かを照査する。

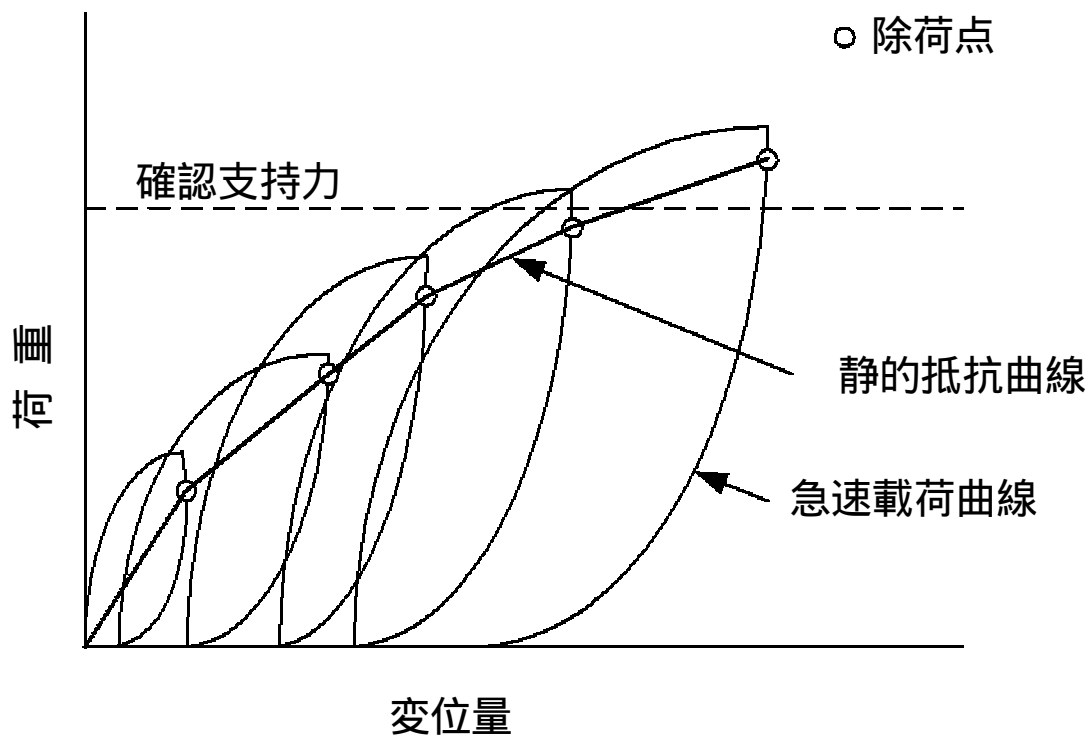


図 4-5 静的抵抗～変位量関係