

# 杭の動的載荷試験

ハイブリッドナミック試験は  
ASTM(米国材料試験規格)に適合  
した試験方法です

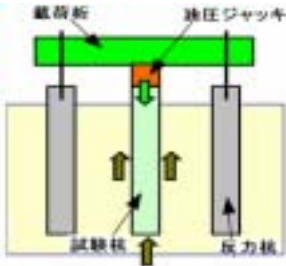
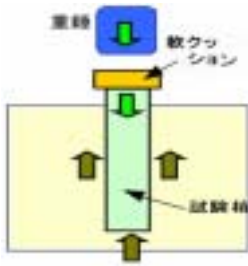
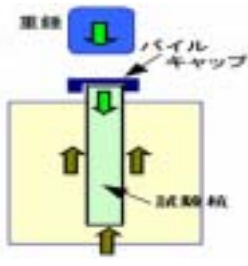
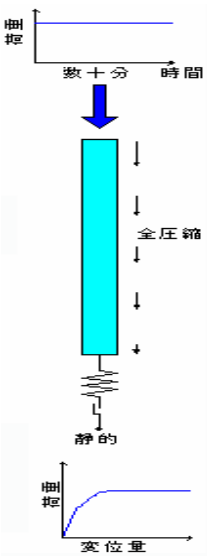
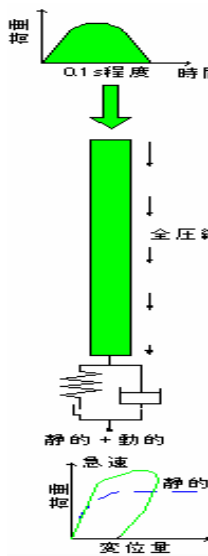
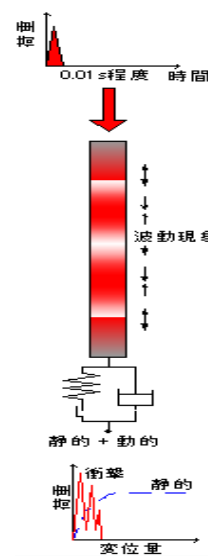


〒130-0021 東京都墨田区緑 4-29-5 Tel 03-5600-2911 Fax 03-5600-2952

<http://www.jibanshikenjo.co.jp>

杭の鉛直載荷試験は、静的載荷試験と動的載荷試験に大別され、杭体と地盤の速度および加速度に依存する抵抗の有無で区別されます

杭の鉛直載荷試験方法・同解説(地盤工学会基準)では、動的載荷試験は比較的載荷時間の長い急速載荷試験と、載荷時間の短い衝撃載荷試験に分類されます。急速載荷と衝撃載荷は相対載荷時間によって区別しています。相対載荷時間とは、一打撃当りの載荷時間中に応力波が杭体を何往復するかであり、5往復以上の長さがあれば急速載荷試験、5往復未満の試験を衝撃載荷といいます。

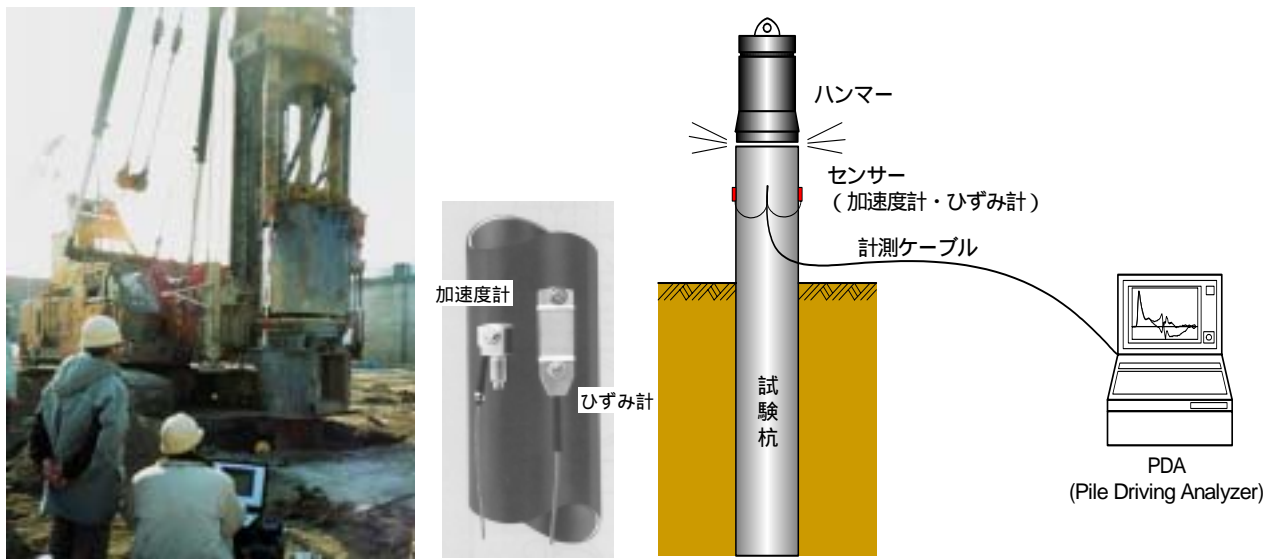
	静的載荷試験	急速載荷試験	衝撃載荷試験
装置の概要			
載荷時間( $t_L$ )	数十分～十数時間	0.1秒程度	0.01秒程度
相対載荷時間( $Tr$ )	$Tr > 500$	$500 > Tr > 5$	$5 > Tr$
載荷方法	軸方向に油圧ジャッキで静的荷重を加える。	軟クッション上に重錘を落下させる。	杭頭に直接ハンマーまたは重錘を落下させる。
載荷中の抵抗 / 挙動	地盤の静的な抵抗	地盤の静的な抵抗 + 杭体と地盤の速度及び加速度に依存する抵抗	地盤の静的な抵抗 + 杭体と地盤の速度及び加速度に依存する抵抗 + 杭体の波動現象
解析方法	試験結果からそのまま静的支持力を算出する。	除荷点法により静的抵抗成分を算出する。	波形マッチング解析により静的抵抗成分を算出する。
試験杭の選定	予め試験杭と反力杭の位置を決める必要がある。	原則として任意の位置で試験が実施できる。	任意の位置で試験が実施できる。
載荷メカニズム			

**衝撃載荷試験** は、杭体の波動現象や、杭体と地盤の速度及び加速度に依存する抵抗が顕著な試験方法で、測定された杭の全抵抗(動的抵抗成分 + 静的抵抗成分)と土質データなどから波動理論に基づいて杭の支持力を解析します

時間やコストの関係で、静的載荷試験や急速載荷試験の実施が困難だというケースは決して少なくありません。衝撃載荷試験は、短時間に低コストで試験結果が判明するというメリットが有り、施工管理の合理化と、より正確なデータによる施工の安全性の確保に貢献します。

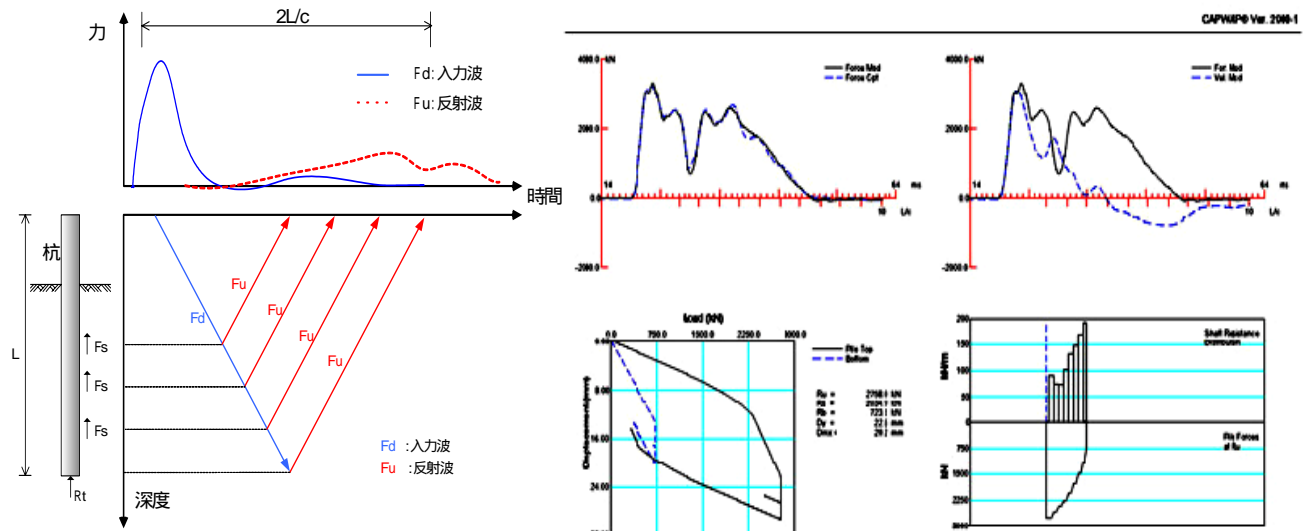
### 試験方法

衝撃載荷試験は、杭頭付近にセンサー(加速度計、ひずみ計)を取り付けて、現場の油圧ハンマーを用いて容易に試験が実施することができます。ただし油圧ハンマーの伝達エネルギーには限界があり、最大級のハンマーを使用した場合でも、確認できる静的抵抗は最大約 10MN 程度までです。それ以上の確認が必要な場合には、別途重錘などの打撃装置を用います。



### 波形マッチング解析

試験結果の解析は測定した入力波と反射波を用いて波形マッチング解析という方法で行います。波形マッチング解析は杭頭の測定データから周面摩擦の分布や先端抵抗を推定することが出来ます。



**急速荷重試験** は、杭体に生ずる波動現象を実用上無視することができ、試験時に杭体に発生する応力も静的荷重試験に近い結果が得られる動的な試験です

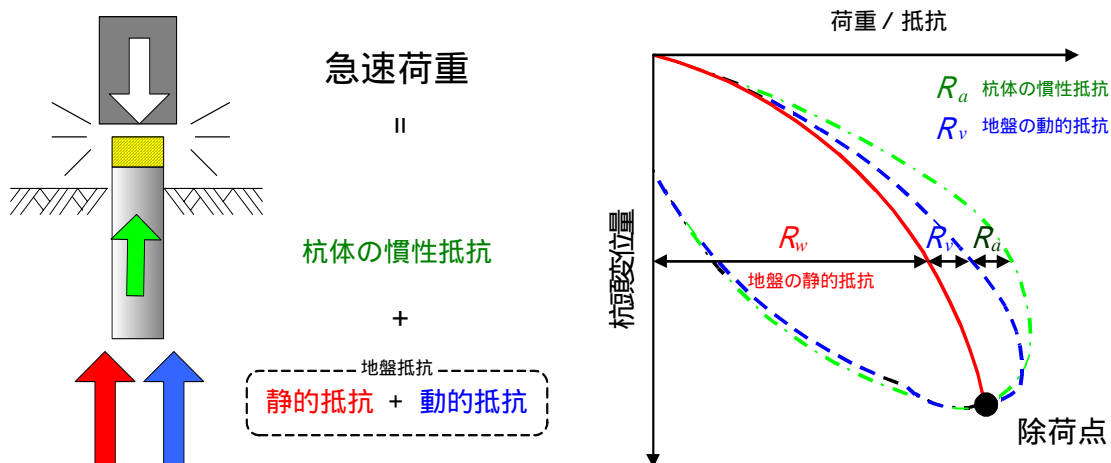
### 急速荷重試験の種類

スタナミック試験	スードスタティック試験	ハイブリッドナミック試験
Berminghammer 社(カナダ)	Fundex 社(ベルギー)	(株)地盤試験所(日本)
反力体慣性力方式	軟クッション重錘落下方式	軟クッション重錘落下方式
反力体の推進剤燃焼による打ち上げ	コイルバネによる衝撃力の緩和	ハイブリッドナミッククッションによる衝撃力の緩和
Max = 30MN	Max=5MN	Max=30MN
<ul style="list-style-type: none"> <li>繰返し荷重は不可能</li> <li>推進火薬の使用申請が必要</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>繰返し荷重が可能</li> <li>コイルバネを使用するため荷重荷重に限界がある。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>繰返し荷重が可能</li> <li>重錘の質量増加により最大荷重の増大が可能。</li> </ul>

### 急速荷重試験の原理

動的な短時間の荷重でも、ある程度の荷重時間を確保すれば、杭体の挙動はほぼ波動現象を無視できる静的試験時と同じ状態になります。急速荷重は杭体の慣性抵抗、地盤の静的抵抗および動的抵抗と釣り合います。

急速荷重試験の解析は、除荷点法により急速荷重から杭体の慣性抵抗と地盤の動的抵抗を除き、地盤の静的抵抗を求めます。



ハイブリッドナミック試験は、軟クッション重錘落下方式の急速載荷試験です。ハイブリッドナミッククッションを採用することで、安定した理想的な急速載荷試験が可能になりました。

**ハイブリッドナミッククッションは ASTM の基準に適合したクッションであり、国際的に通用する急速載荷試験法です**

日本の基準：

載荷時間( $t_L$ )のみで規定

- ・ 相対載荷時間( $Tr$ )で 5 以上： $t > 5Tr (=10L/c)$

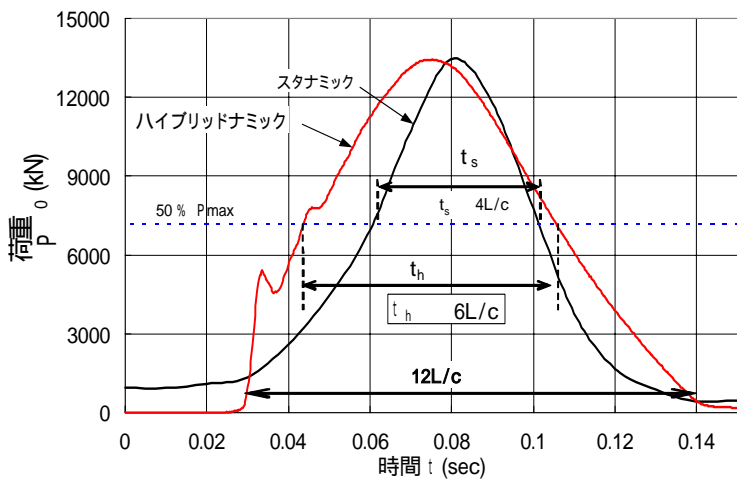
ASTM の基準：

載荷時間と、時間軸上の荷重形状についても規定

- ・ 載荷時間が  $12L/c$  より長いこと： $t > 12L/c (=6Tr)$
- ・ 荷重ピークの 50%以上の荷重継続時間が  $4L/c$  より長いことすなわち  $T_{50} > 4L/c (2Tr)$

ただし、 $t$ ：載荷時間の長さ、 $L$ ：杭長、 $c$ ：縦波伝播速度  
 $2L/c$ ：縦波が杭体を 1 往復するのに要する時間

$Tr$ ：相対載荷時間  $Tr = \frac{t}{2L/c}$

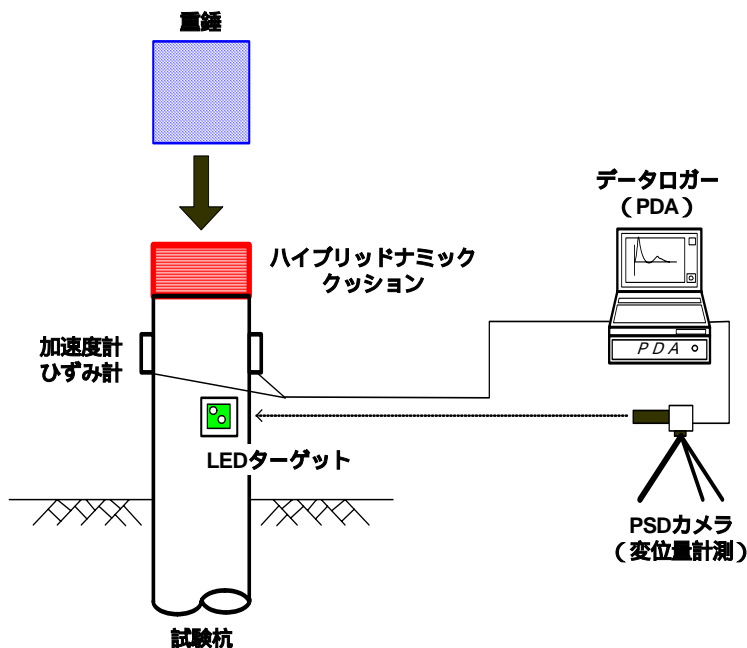


**ハイブリッドナミッククッション**

鋼板と特殊ゴムを積層したハイブリッドナミッククッションは、荷重ピーク付近の載荷時間が長い理想的な急速荷重波形を実現し、米国の PDI 社をはじめ、アジアの多くの国々に技術供与をおこなっています。



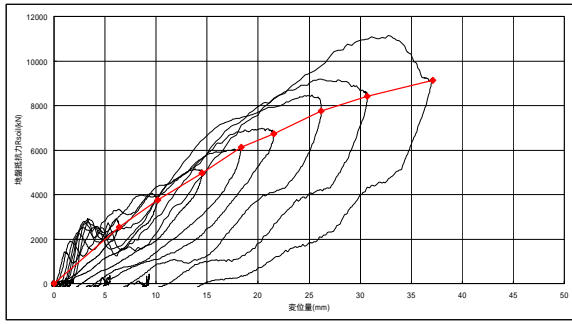
ハイブリッドナミッククッション



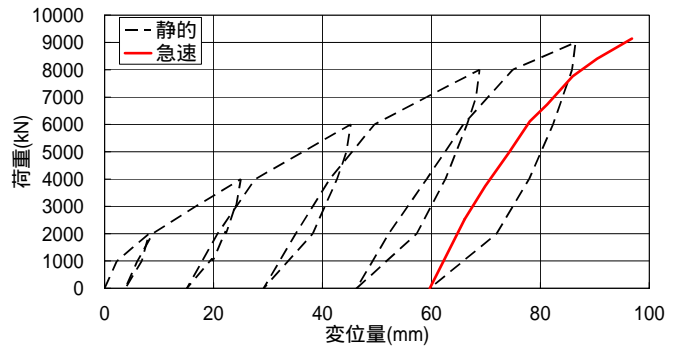
**PSD カメラシステムは高精度の変位計測を実現します**

- \* 最大 300m の測定距離(標準 100m)
- \* 広い視野 1000 × 1000mm (測定距離 100m)
- \* 高い精度 0.25mm (測定距離 100m)
- \* 2 次元計測(上下方向・左右方向)
- \* 多点同時計測 最大 8 ポイント (標準 4 ポイント)
- \* 高いサンプリング周波数変位 5 kHz (1 ポイント時)




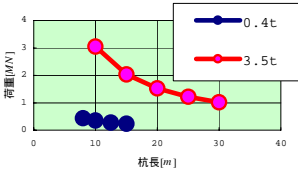

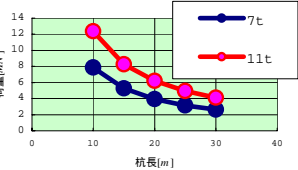
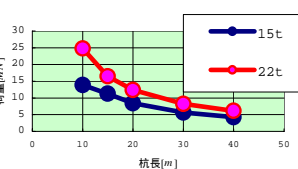



ハイブリッドナミック試験結果例



左図の結果を静的載荷試験の最終サイクルに落とし込んだ例

## 保有するハイブリッドナミック載荷装置

	落下装置	重錘質量	落下高さ	装置設置スペース	高さ	適用範囲
小型重錘落下装置		0.4t	1.5m	1m x 1m	3m	
		3.5t	1.5m	2m x 2m	4m	
中型重錘落下装置		7t ~ 22t	2.5m	4m x 4m	7.5m	
						
大型重錘落下装置		44t ~ 70t	2.5m	9m x 9m	12m	