

寒冷地における杭急速載荷試験その 1-軟クッションのバネ定数と波形フィルター処理について

急速載荷試験, 地盤振動 (株)地盤試験所 国際会員 宮坂 享明 (株)日建設 小野潤一郎
 極限地盤抵抗 (株)地盤試験所 正会員 大石 淳之 住友商事(株) 河野 真
 (株)地盤試験所 正会員 ○亀井 秀一 (株)クボタ 正会員 廣瀬 智治

1 はじめに

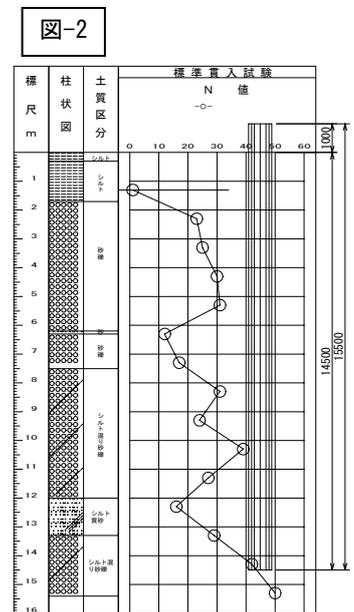
最近, 70 t 級の重錘を装備して, 最大試験荷重が 30MN も超える, 軟クッションを用いる重錘落下方式急速載荷試験が開発・実用化されている。寒冷地においてこのような大型載荷試験装置を用いた杭急速載荷試験を実施する場合, どのような問題が起きるか不明な点が多い。特に大型軟クッション材料特性の温度に対する依存性が試験結果に極めて大きな影響を及ぼすことが予想される。

筆者らはこの問題を明らかにするため, 夜中気温が -10 度以下まで下がる東北地方において, 埋め込み工法で施工された鋼管杭について, 大型載荷試験装置を用いた杭急速載荷試験を実施し, 寒冷地における杭急速載荷試験の諸問題を明らかにした。さらに試験から得られた波形に対して, 種々のフィルターによる波形処理を行い, 検討した。また, 試験結果に対して CAPWAP により波形マッチングを行い, 設計用地盤特性に関するパラメータを収集した。本報文その 1 では, 軟クッションのバネ定数と波形フィルター処理について述べる。

2 試験概要

2-1 試験装置

図-1 に今回の急速載荷試験装置を示す。試験に用いる重錘および軟クッションの材料特性は表-1 に示すとおり, 重錘は, 最大試験荷重 12000kN を確保できるように, 質量が 45t のものを使用した。軟クッションは, 波動が杭体中約 10 往復する時間 0.06 s (杭の沈下剛性を無限大にした場合) を確保できるように, バネ定数が 105000kN/m のものを用いた。



2-2 試験地盤および試験杭仕様

今回の試験地盤の土質柱状図を図-2 に示す。また, 試験杭は, プレボーリング先端拡大根固め球根工法で施工された φ600 鋼管杭で, 詳細仕様は表-2 に示すとおりである。杭先端は GL-14m, N 値約 30 の砂層の支持地盤に根入れしている。

表-1 重錘及び軟クッションの仕様

杭長	伝播速度	往復	載荷時間	重錘質量	軟クッション
L(m)	V(m/s)	Round	tmin(s)	M(kg)	k(kN/m)
15.5	5120	10	0.06	45,000	105,000

2-3 試験方法

今回の試験方法は, 軟クッションによる多サイクル重錘落下方式とし, 落下高は軟クッション材料特性の温度依存性を考慮して, 実際の杭頭作用荷重を見ながら調節し, 結果的に表-3 に示すとおりとなった。

表-2 試験杭詳細仕様

杭径	杭種	鋼管厚	長さ	杭体質量	施工法
Dp(mm)		ts(mm)	L(m)	M(t)	
600	鋼管杭	32	15.5	13.9	プレボーリング 先端拡大根固め工法

表-3 試験方法

落下高	地盤抵抗力
h(cm)	(kN)
20	4353
40	6675
80	10606
100	12032
120	13205
150	14554

2-4 計測項目

計測項目は表-4 に示すとおり, ブリッジタイプひずみ計および圧電タイプ加速度計がそれぞれ 4 点ずつ, 非接触型 PSD 変位計が 1 点, 合計項目となっている。

3 試験結果

3-1 軟クッション材料特性の温度依存性

今回試験時における軟クッションの内部温度は -7℃ であった。軟クッションは剛床上に置かれていると仮定して,

Pseudostatic Pile Load Test in Freezing Cold Weather Part-1 Spring Constant of Soft Cushion and Wave Form Filtering

T. MIYASAKA¹⁾, J. ONO²⁾, M. KONO³⁾, T. HIROSE⁴⁾, J. OISHI¹⁾, S. KAMEI¹⁾

Jibanshikenjo Co., Ltd.; Nikken Sekkei Ltd.; Sumitomo Corp.; Kubota Corp.

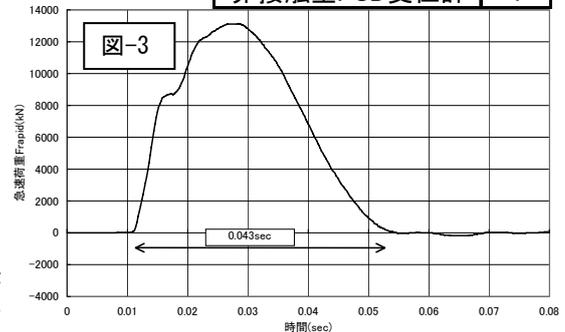
そのばね定数を表-3 に示す実際の载荷重から逆算すると、245000kN/m となり、常温時におけるばね定数 105000 kN/m の2.3倍という結果となり、軟クッションばね定数の温度依存性が明らかとなった。

3-1 杭頭荷重経時変化

落下高 H=120cm 時の荷重経時変化を図-3 に示す。図-3 を見ると、いずれの落下高においても、実载荷時間は約 0.043 秒であること、登り部が波を打っていることなどがわかる。図-3 をよく見ると、登り部に現れる波の数は約 2.5 であり、応力波が杭体中を往復している速さを逆算すると、約 3600m/s となり、コンクリート材料中の伝搬速度に近い値となっている。

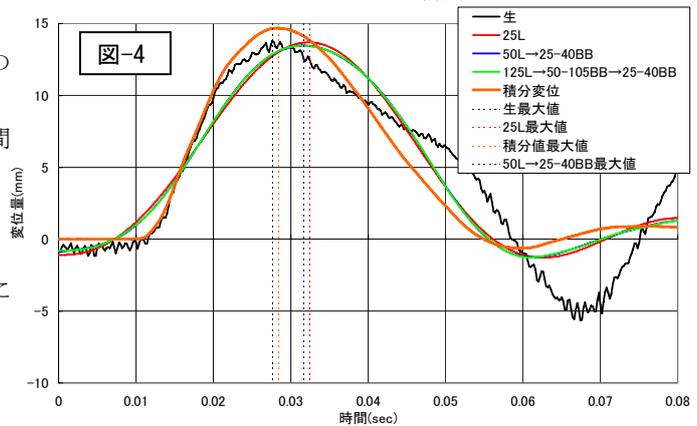
表-4 計測項目

計器項目	点数
ブリッジタイプひずみ計	4
圧電タイプ加速度計	4
非接触型PSD変位計	1



3-2 杭頭沈下量経時変化およびフィルター処理

落下高 H=120cm 時の PSD 変位計の実測結果を図-4 に示す。この実測波形の中には、重錘载荷による周波数約 23Hz の変位波形以外に、重錘リリースによる周波数 40~50Hz 程度の地盤振動および波動の往復による周波数 105~125Hz 程度の波形が含まれている可能性が考えられるので、これらの影響を調べるために、図-5 に示すようなバンドフィルター処理を試みた。その結果を図-4 に合わせて示す。図-4 をみると、最大変位量はいずれも大差がないこと、最大変位に達する時間 tmax は、载荷変位の場合が最も長く、リリース変位の影響を入れると若干短くなること、波動往復変位による影響は比較的に小さいことなどがわかる。

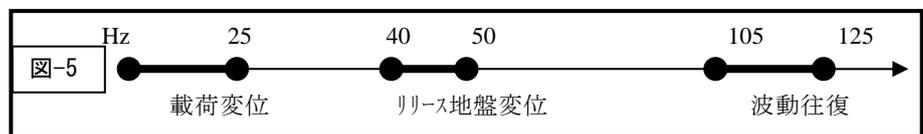


さらに加速度から積分した沈下量も合わせて図-4 に示す。PSD 変位計の実測結果と見比べると、tmax はほぼ一致しており、地盤振動の影響を拾わないため、滑らかな曲線となっている。

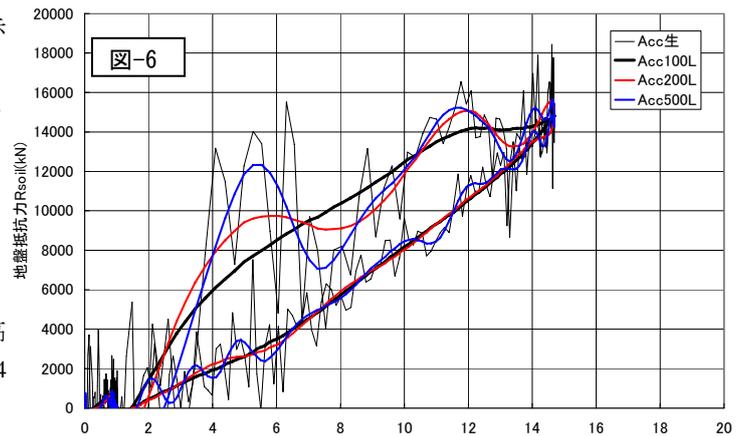
以上のことから、積分変位の方がより忠実に杭の絶対変位を捉えていると思われる。

3-3 杭頭加速度経時変化、フィルター処理および積分変位

図-5 に落下高 H=120cm 時における杭頭加速度経時変化を示す。ノイズがあるため、この加速度を使って地盤抵抗力 Rsoil



を算定して、地盤抵抗力-変位曲線を描くと図-6 に示すように曲線がギザギザになる。曲線を滑らかにするために、加速度波形に対して 0.5kHz, 0.2kHz, 0.1kHz, 3 種類のローフィルターをかけた結果も合わせて図-6 に示す。図-6 をみると、0.1kHz のローフィルターをかけた曲線が最も滑らかであった。



各落下高における杭頭変位が最大値になったときの加速度(0.1kHz ローフィルター処理値)を、各最大変位量とともに表-6 に示す。表-6 をみると、落下高 120cm 時の最大加速度は 12G 程度で、150cm 時は 14 G 程度であることがわかる。

4 考察およびまとめ

今回の杭急速载荷試験結果をまとめると、次のとおりとなる。

- ①軟クッションばね定数の温度依存性が極めて大きい。
- ②非接触型変位計実測変位波形をフィルター処理すると、最大変位のタイムラグが起きる。
- ③加速度計の計測精度を上げることにより、その積分変位が非接触型変位計に比べて、より正しく杭頭の絶対変位量を評価することができる。

表-6 最大変位量時の加速度

落下高さ (cm)	荷重 Frapid(kN)	最大変位量 S(mm)	加速度 a(m/s ²)	地盤抵抗力 Rsoil(kN)
40cm	6712	6.54	-42	7297
80cm	10335	12.05	-80	11447
120cm	13142	14.69	-122	14842
150cm	14221	19.02	-144	16222