

III-B 38

長尺杭に対する急速載荷試験の解析法の検討

建設省土木研究所 正会員 市村靖光

1. はじめに

一般に、急速載荷試験から静的抵抗を求める方法として除荷点法¹⁾が用いられている。除荷点法では杭を剛体と仮定しており、杭体の速度及び加速度は杭中で一様としている。しかし、載荷時間に対して杭長が長く波動伝播の影響が大きい場合には、これらの値が同一ではないと考えられる。このため、杭径、杭長の異なる杭に対する急速載荷のシミュレーションを行い、除荷点法の適用範囲について検討を行った。

2. 解析方法

解析は、以下の手順により行った。

- (1) 外径400mm、長さ13mの鋼管杭に対して行った急速載荷試験²⁾の結果を用いて、波形マッチング解析により地盤パラメータを推定した。解析では、計測された杭頭荷重及び杭頭速度から下降応力波と上昇応力波を分離し、下降応力波を杭頭に入力した。地盤抵抗はSmithモデルを使用し、杭頭変位の計算値と実測値が一致するようにバネ値とダンピング定数を同定した。
- (2) (1)の条件を基本として、杭径及び杭長、地盤層厚を変化させ、これらに見合った荷重条件（反力体の重量、装薬量など）を設定し、波形マッチングから得られた地盤パラメータを用いて急速載荷のシミュレーションを行った。得られた荷重－沈下関係から除荷点法により静的抵抗を算出し、荷重伝達法により求めた静的な荷重－沈下関係との比較を行った。

表－1に解析条件、表－2に地盤パラメータ、図－1に地盤条件を示す。

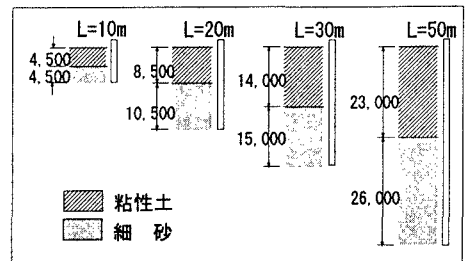
表－1 解析条件及び結果

ケース	杭 条件						荷重 条件		解析結果			
	杭 径 (mm)	板 厚 (mm)	断面積 (cm ²)	杭 長 (m)	A/L (mm)	根入長 (m)	反力体 (t)	装薬量 (kg)	Wave Number	ULPM (MN)	STATIC (MN)	ULPM/ STATIC
0	400	11	134	13	1.03	12.5	16	0.9	19.7	1.24	1.28	0.967
1	600	9	167	10	1.67	9	19	1.2	25.6	1.37	1.42	0.966
2	600	9	167	20	0.84	19	21	2.1	12.8	2.66	2.48	1.074
3	600	9	167	30	0.56	29	28	3.0	8.5	4.53	3.51	1.292
4	600	9	167	50	0.33	49	40	4.2	5.1	7.74	5.61	1.381
5	800	13	321	10	3.21	9	21	1.7	25.6	1.9	2.18	0.873
6	800	13	321	20	1.61	19	26	2.6	12.8	3.56	3.6	0.989
7	800	13	321	30	1.07	29	32	3.4	8.5	5.61	4.96	1.131
8	800	13	321	50	0.64	49	70	9.0	5.1	10.06	7.8	1.289
9	1000	17	525	10	5.25	9	23	2.3	25.6	2.49	3.08	0.809
10	1000	17	525	20	2.62	19	30	3.3	12.8	4.61	4.89	0.942
11	1000	17	525	30	1.75	29	37	3.7	8.5	6.9	6.56	1.052
12	1000	17	525	50	1.05	49	85	11.5	5.1	12.24	10.16	1.204

表－2 地盤パラメータ

	地 層	降伏強度 (kN/m ²)	quake (mm)	粘性減衰 (kNs/m ³)
杭周囲	粘性土	45	6.5	40
	細 砂	65	6.5	40
杭先端	細 砂	2900	20	40

表－1に示すWave Numberは、載荷時間と杭長の比を表す指標で、載荷時間に対して相対的に杭長が長い場合に小さな値となる³⁾。



図－1 シミュレーション用地盤条件

また、解析結果もあわせて表-1に示す。図-2及び3はケース2（ $L=20\text{m}$ ）及び4（ $L=50\text{m}$ ）の荷重-沈下曲線を示したものであり、杭長50mでは除荷点荷重と荷重伝達法による静的抵抗に大きな差が見られる。これは長尺杭では杭中の加速度が一樣ではなく、除荷点法では慣性力を過大評価したためだと考えられる。

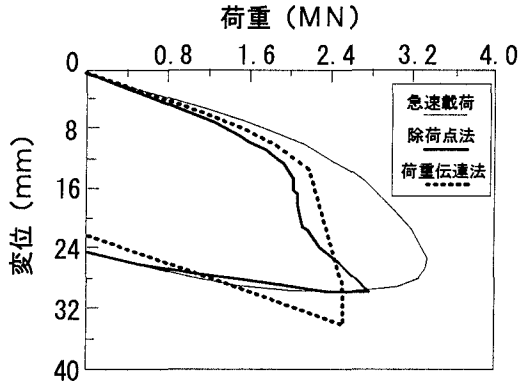


図-2 荷重-沈下曲線（ケース2, $L=20\text{m}$ ）

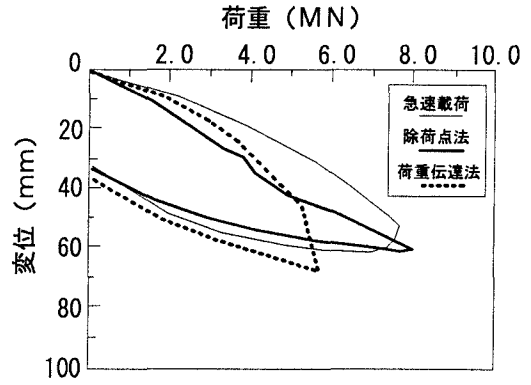


図-3 荷重-沈下曲線（ケース4, $L=50\text{m}$ ）

加えて、除荷点荷重／静的抵抗に対するWave Number、断面積／杭長の影響を示したものが、図-4及び5である。これらの図から、Wave Numberが小さいほど除荷点荷重を大きく見積もる傾向があることがわかり、13以下（載荷時間100msでは杭長20m以上）では10%以上過大に算定している。また、杭長が長くても相対的に断面積が大きい場合には、除荷点荷重を過大に計算する割合は低下している。さらに、（断面積／杭長）の値が1.7程度となる①杭径 600mm、杭長10m、②杭径 800mm、杭長20m、③杭径1000mm、杭長30mの組み合わせのときに除荷点荷重と静的抵抗が良く一致している。したがって、杭長30m程度までは杭長に比例して断面積（杭径）も増加していれば、除荷点法を適用できるものと思われる。

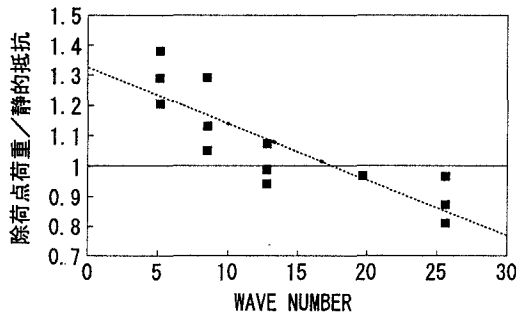


図-4 Wave Numberの影響

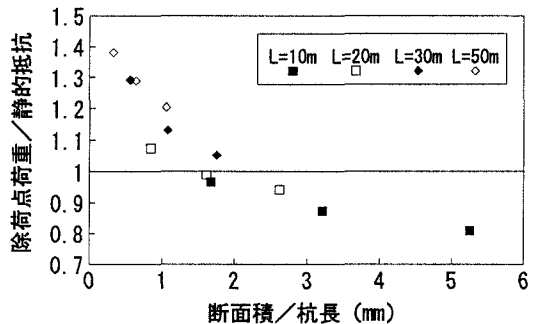


図-5 断面積／杭長の影響

4. 今後の課題

急速載荷試験のシミュレーション解析により、長尺杭の場合には剛体仮定が成立せず、除荷点法では静的抵抗を過大に算出する場合があることがわかった。今後は、現場実験等に基づき、杭条件と載荷時間だけでなく地盤条件も含めて除荷点法の適用できない条件を明らかにするとともに、その場合の補正方法を検討する必要がある。

<参考文献>

- 1) Middendorp P., Birmingham P. and Kuiper B. (1992): Statnamic load testing of foundation piles, Proc. 4th Int. Conf. on Appl. of Stress-Wave Theory to Piles, pp. 581-588
- 2) 市村(1995): 動的及び急速載荷試験の適用性の検討、土木学会 第50回年次学術講演会
- 3) Middendorp P. and Bielefeld M.W. (1995): Statnamic load testing and the influence of stress wave phenomena, Proc. 1st Int. Statnamic Seminar