

Ⅲ－B 59

有限要素法を用いた杭のスタナミック試験の解析

大成建設（株） 正 堀越研一 正 加藤一志
金沢大学 正 松本樹典

1. はじめに 杭の荷重～変位関係あるいは支持力特性を簡易に推定可能な載荷試験として、急速載荷試験法の1つであるスタナミック試験が注目を浴びている¹⁾。スタナミック試験結果の解釈に際して、得られた荷重～変位量関係から動的効果を除去し、静的な荷重～変位量関係を求めることが重要となる。この様な解釈法として、杭を1質点系で表現した“除荷点法”²⁾りや波動方程式を用いた方法がすでに報告され、さらに3次元有限要素法の適用例³⁾も報告されている。本論文は、過去に実施されたスタナミック試験結果³⁾に対して、軸対称有限要素法を適用し、その結果を報告するものである。有限要素解析の位置付けおよび本研究の流れを図-1に示す。研究の目的は、スタナミック試験結果を表現可能な地盤定数を有限要素法から推定し、これを用いて杭の静的挙動の推定を行うことである。

2. 解析対象 解析の対象は、千葉県沼南町で実施された直径300mmのPHC杭のスタナミック試験³⁾である。この杭は、1993年12月20日に打設され、1994年1月26日に静的載荷試験を実施し、その後1月28日にスタナミック試験を実施している。杭長は7mで、プレボーリングの後、先端根固めによって施工した。このスタナミック試験では、載荷中の杭の軸力分布を計測しており、周面摩擦力の發揮状況も計測した。図-2は、当該地点の土質柱状図、およびサイスミックコーンによるせん断波速度Vsの計測結果を示したものである。図-3は、サイスミックコーンから得られたVs値と、当該地盤のN値から参考文献4)に基づき推定したVs値とを比較したものであるが、両者がよく対応していることが判る。

3. 解析方法及び解析定数の設定 本論文の解析では、地盤を弾性体と仮定して全応力解析を行っている。解析で用いた有限要素分割を図-4に示す。解析では、杭-地盤間のすべりを表現する目的で杭周辺にジョイント要素を配置した。また、動的解析においては、地盤要素境界に粘性境界を配置した。解析に際しては、地盤の剛性として図-1に示した様に、Vsから求められたGoに1より小さい係数 η を掛けた値を用い、スタナミック試験から得られた荷重～変位曲線の勾配と一致する様な η を求めた。また、杭先端部に深に存在する細砂層に対しては、スタナミック試験を実施した場合の排水条件に関して未解明な点も多く、現段階では細砂のポアソン比 ν_s を0.5(完全非排水(解析上は0.49))及び0.3(排水)として2通りの解析を行った。地盤の初期静止土圧係数に関しては、ローム層および粘性土層については0.6を仮定し、細砂層については0.5を仮定した。また、ジョイント要素の最大周面摩擦力は、図-1に示した様に、スタナミック試験で得られた軸力分布をもとに推定した。実際、スタナミック試験から得

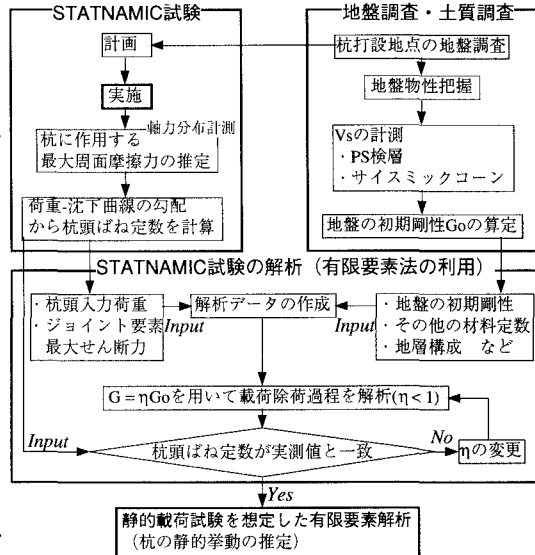


図-1 研究フロー

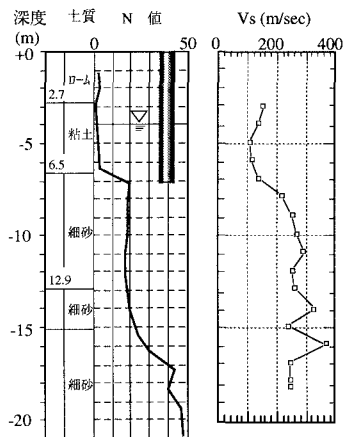


図-2 土質柱状図

キーワード：急速載荷試験，杭，有限要素法，サイスミックコーン試験

連絡先 〒245-0051 横浜市戸塚区名瀬町 344-1 大成建設(株) 技術研究所 TEL 045-814-7236, FAX 045-814-7257

られる最大周面摩擦力は、静的載荷試験から得られる値とやや異なるという報告⁵⁾があるが、本解析ではこの影響を無視している。

4. 解析結果 図-5は、解析で得られたスタナミック試験の荷重～変位曲線を実測値と比較したものであるが、実測値の傾向をうまく表現していることが判る。また、地盤の初期剛性に対する低減係数 η として0.4程度が最適であることも判る。この値を用いて算定された地盤の弾性係数は、粘性土地盤では非排水強度の約1000倍であり参考文献6)で示されている関係と一致している。また、本解析条件の場合、細砂層のポアソン比の影響は比較的小さいことが判る。図-6は、 $v_s=0.3$ のケースについて、解析で得られた杭頭レスポンス（変位量、変位速度）を実測値と比較したものであるが、この挙動についても、実測値と良い一致が見られた。図-7は、スタナミック試験の解析と同じ材料定数（ $v_s=0.3$ を仮定）を用いて杭の静的載荷試験の解析を行ったものである。モノトニック試験から得られた実測結果を併せて示したが、400kNを越える荷重範囲については実測で得られた性状を表現することができなかった。これは、本解析では杭先端地盤を弾性体でモデル化しており、実測値に見られる様な先端地盤の破壊性状を十分に表現できていないためであると考えられる。

謝辞 本論文の内容に関し御議論頂いた地盤工学会・急速載荷試験法研究委員会（岡原美知夫委員長）および急速載荷試験法研究会（日下部治委員長）に感謝の意を表します。

参考文献 1)日下部・松本(1995)：急速載荷試験（スタナミック試験）方法とその実施例，土と基礎，5月号 2)椿原・山下・加倉井(1995)：場所打ちコンクリート杭の急速載荷試験例，土と基礎，5月号 3)篠田・松本・小泉ほか(1994)：急速載荷試験によるモデル杭試験報告（その2），第29回土質工学研究発表会 4)Imai, T.(1997)：P and S wave velocities of the ground in Japan, Proc. 9th ICSMFE, Tokyo. 5)加藤・堀越・松本・中村：急速載荷試験における杭の貫入提供力の発揮状況について，第33回地盤工学研究発表会（投稿中） 6)柴田・八嶋・江見・堀越(1987)：大口径場所打ち杭の周面摩擦抵抗の推定，第32回土質工学シンポジウム。

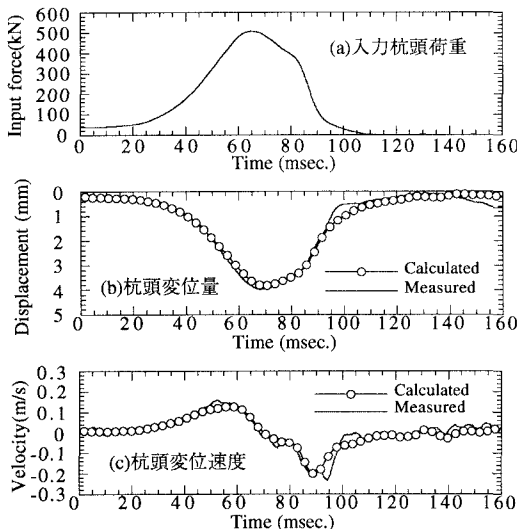


図-6 杭頭計測シグナルの比較

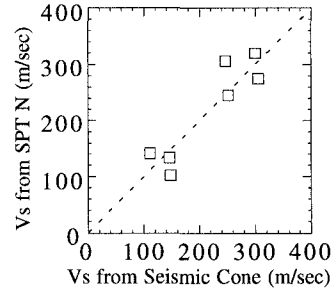


図-3 Vs 値の比較

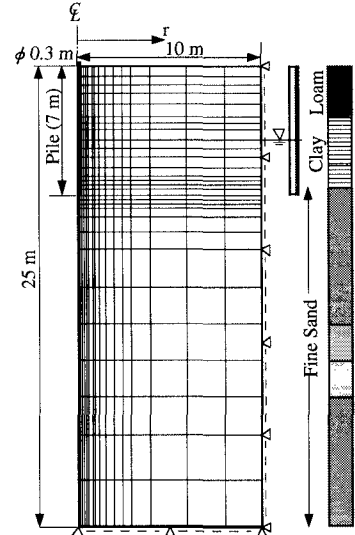


図-4 解析に用いた要素分割

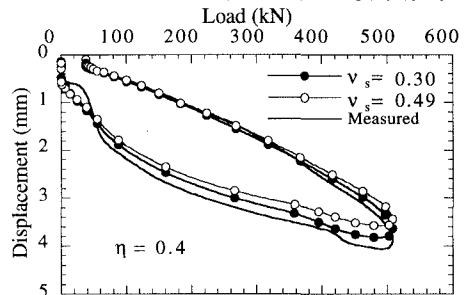


図-5 荷重～変位曲線の比較

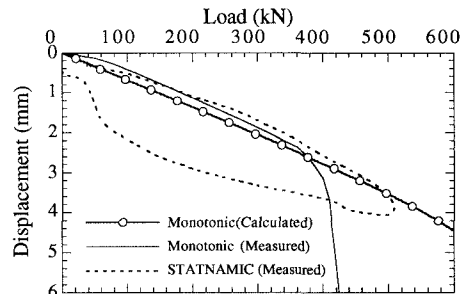


図-7 静的載荷試験の解析結果