

III-390 比較的良好な砂礫層を有する場所打ち摩擦杭の動的試験による支持力推定

九州大学工学部 正員○麻生 稔彦 正員 鳥野 清
正員 堤 一

日本道路公団 正員 玉野 好晴 正員 安松 敏雄

1. まえがき

著者らは静的載荷試験に代わる場所打ち杭の支持力推定法として、杭頭部を打撃することにより得られる杭頭変位および杭頭ひずみより杭の動的挙動を明かにし、これを用いて支持力を推定する方法を提案している¹⁾。今回、しらす地盤において明確な支持層は存在しないものの比較的良好な砂礫層を有する2本の場所打ち摩擦杭に対して、静的載荷試験と動的試験を実施したのでその結果を報告する。

2. 試験杭および試験概要

図-1に今回試験を行った場所打ち杭の概要および地盤状況を示す。P₂杭は杭径φ=1.2m、杭長L=23.5m、P₅杭はφ=1.2m、L=18.1mであり、いずれもベント杭である。本基礎は宮崎県えびの市の加久藤峠に位置し、地層は火山灰質粘性土、しらすおよび湖成堆積物より成る。図-1に示すように、これらの地点ではN値30以上の比較的良好な砂礫層があるもののこれらの厚さは2~8mと薄いため、杭の設計にあたっては摩擦杭としている。動的試験では杭頭部に重量約1.0tfのハンマーを高さ50~450cmの範囲で自由落下させることにより杭を衝撃加振し、このときの杭頭における変位と図-1の測点におけるひずみ(○印)を測定した。

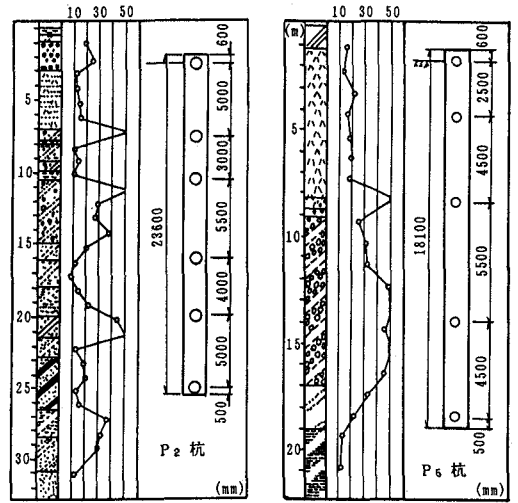


図-1 試験杭概要

3. 試験結果

図-2に動的試験により得られた杭頭および杭中央部におけるひずみと杭頭変位の時刻歴を、例としてP₅杭、ハンマー落下高さH=450cmの場合について示す。図-2より打撃により生じた応力波の下降および上昇が杭中央部において明瞭に認められる。打撃試験により杭体に生じる最大引張りひずみはP₂杭で54μ、P₅杭で93μであった。これは杭先端部での杭と地盤のインピーダンスが大きく異なるために杭先端での反射率が大きく地盤への逸散が少ないために生じると考えられ、今回のような打撃試験を行う場合には引

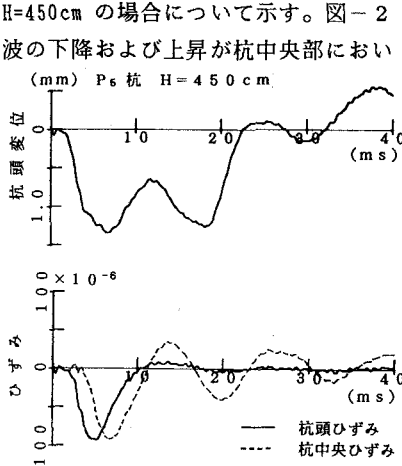


図-2 観測波形

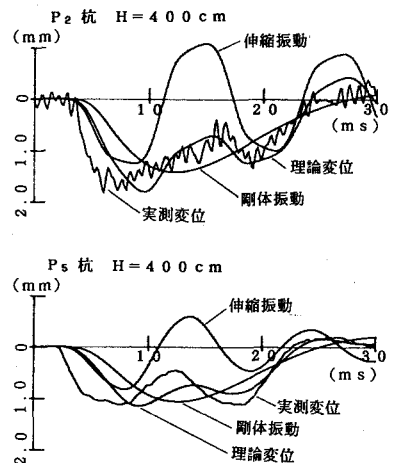


図-3 杭の動的挙動

張り応力により杭体が損傷を受ける恐れがあることから注意が必要である。また、衝撃波の伝播速度 c と杭の密度 ρ を用いて杭の平均的動的弾性係数 E_D を $E_D = \rho c^2$ より求めると約 $4.29 \times 10^6 \text{ t/m}^2$ であった。静的載荷試験より得られた静的弾性係数は載荷荷重の増加により低下し、P2杭で $3.88 \sim 3.26 \times 10^6 \text{ t/m}^2$ 、P5杭で $3.03 \sim 2.53 \times 10^6 \text{ t/m}^2$ であり、いずれも動的弾性係数より小さな値となっている。

すでに、著者らの研究により衝撃加振時の杭の挙動は、剛体振動と伸縮振動から成ることを明らかとなっており、また、剛体振動では付加振動質量として杭が排除した程度の土の質量を考慮する必要があると提案している。この解析理論を用いて今回の試験結果についてこれまでと同様の解析を行い動的挙動を求めた。例をP2、P5杭のハンマー落下高さ400cmについて図-3に示す。解析により求めた杭頭変位は実測の変位とよく対応しており、これらの結果より得られた最適振動質量はP2杭が8.90t、P5杭が9.05tであることがわかった。P2杭では先に提案したように杭体の質量と杭が排除した土の質量の和を用いれば良いものの、P5杭では約1割増し程度の値となった。これは主として砂礫層における杭表面の凹凸によるものであろう。

この解析を各ハンマー落下高さについて行い、剛体振動を分離することにより剛体振動の固有円振動数 n が得られる。この n と振動質量 M を用いて、杭先端ばねおよび杭周面ばねの両者を含んだ地盤ばね定数 K が $K = Mn^2$ により計算できる。図-4に衝撃力と地盤ばねの関係を示す。図-4では比較のためにばね定数を杭の地中面積で除している。図より動的ばね定数は静的ばね定数の1.3~3.0倍程度となっており、P5杭では衝撃力によらずほぼ一定値となるのに対しP2杭では衝撃力の増加によりばね定数は低下している。

また、設計に用いられた杭の鉛直ばね定数を図中に破線で示す。動的応答倍率の影響を除くために、最大衝撃力を地盤ばね定数で除すことにより得られる静的変位を用いて、衝撃力-沈下関係を求めると図-5となる。この関係をワイブル曲線により最小自乗法を用いて近似すると、極限支持力としてP2杭で1102t、P5杭で1625tが得られる。また静的載荷試験の結果より、通常用いられているように変形指数 m を1としてP2杭で1366t、P5杭で1263tとなる。静的試験の結果と動的試験の結果を比較するとおおむね妥当な値を示していると考えられるものの、解析精度を上げるためには降伏荷重以上の衝撃力を得る必要があると考えられる。

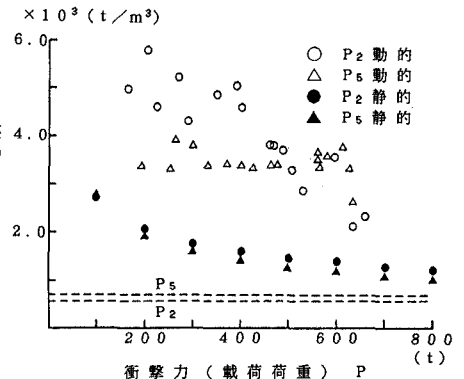


図-4 地盤ばね定数

4. あとがき

今回の試験および解析により、ハンマー打撃時の杭の動的挙動はこれまでに提案した方法により解析できることがわかった。また、動的試験による支持力推定は十分な衝撃力が得られれば可能であると考えられる。

<参考文献>

- 1) 烏野他、場所打ち摩擦杭の支持力推定、杭の打ち込み性および波動理論の杭への応用に関するシンポジウム発表論文集、pp.115~118、1989

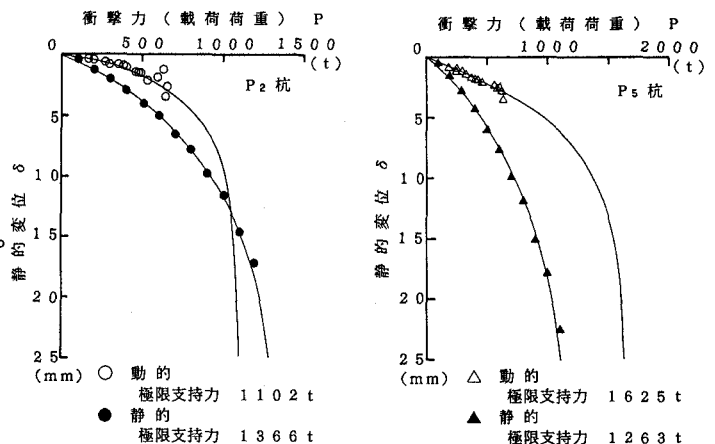


図-5 荷重-沈下曲線