

杭周面地盤の静的・動的ばね定数

九州大学工学部 学生員○麻生 稔彦

九州大学工学部 正 員 鳥野 清

九州大学工学部 正 員 堤 一

日本道路公団 正 員 木村 秀夫

(株)建設技術研究所 正 員 松井 謙二

1. はじめに

従来より、杭の支持力を推定する方法として静的載荷試験が用いられているが、近年動的試験による支持力推定法の研究が進み、一部は実用化されるようになってきている。しかし、これらの試験結果の相互比較は、最終的に得られる支持力の比較のみにとどまっており、杭体および杭周面地盤の性質などについての比較は少ないようである。本研究は、同一杭に対して静的載荷試験とハンマー打撃による動的試験の双方を行い、静的と動的な試験法により、杭の弾性係数や杭周面の地盤ばね定数がどの程度異なるかの検討を行った。

2. 試験概要

図-1に、今回対象とした杭の外形および地盤N値の分布を示す。図-1に示す杭はいずれも場所打ち摩擦杭であり、静的載荷試験と衝撃試験を行い、杭頭における変位と杭体のひずみを測定した。ここで、静的載荷試験は多サイクル荷重制御方式で行い、動的試験は重量約1.0tのハンマーを杭上部に吊り上げ、高さ20~300cmの範囲で自由落下させることにより衝撃加振した。

3. 試験結果および考察

静的載荷試験により得られた荷重とひずみの関係より静的弾性係数 E_s を計算することができる。一方、動的試験では杭体内の衝撃波伝播速度 c を求め、密度 ρ ($=0.245\text{t/m}^3$)を用いて動的弾性係数 $E_d=\rho c^2$ より計算される。ここでいう弾性係数は杭を一樣な材質に置換した時の等価弾性係数である。 c の値は P_1 、 P_2 杭とも落下高さにより4400~4700m/sとなったが、このばらつきは測定誤差やAD変換におけるサンプリング周波数の影響であると考えられるため、以下の計算では平均値である $c=4526\text{m/s}$ を用いた。 P_1 および P_2 杭の弾性係数を荷重との関係で図-2に示す。図に示す荷重は静的試験では載荷荷重を動的試験では杭頭衝撃力の最大値である。 E_s は荷重の増加にともない徐々に低下するのに対して、 E_d は荷重によらずほぼ一定値となっており、その値は E_s の1.5~2.0倍程度となっている。また、コンクリートの平均弾性係数は静的

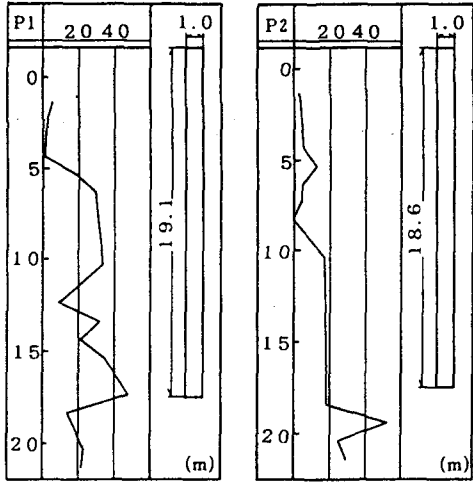


図-1 試験杭

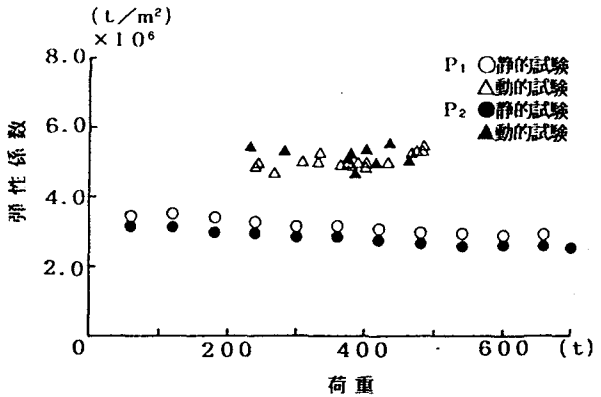


図-2 弾性係数

で $2.2 \times 10^6 \text{ t/m}^2$ 、動的で $4.2 \times 10^6 \text{ t/m}^2$ 程度であった。

静的ばね定数 K_s は静的荷重試験により得られる荷重荷重と沈下量との関係より求めることができる。一方、動的ばね定数 K_d を最大衝撃力と最大動の変位より求めると、杭の固有周期と衝撃力の作用時間との関係で決まる応答倍率の影響を強く受けることになる。そこで、この応答倍率の影響を除くために、杭の動的挙動より杭が一体となって振動する剛体振動の固有円振動数 n と振動質量 M とを用いて $K_d = Mn^2$ から求めることにした。著者らの研究により、振動質量 M は杭体の質量のみでなく杭が排除した土の質量を付加質量として考慮する必要があることをすでに明らかにしている¹⁾。ここで検討するばね定数はいずれも杭の先端ばねと周面ばねの両方を含めた杭頭ばね定数である。

静的荷重試験と動的試験による地盤ばね定数の違いを図-3に示す。この図より、 P_1 、 P_2 杭のいずれの場合においても、 K_d が K_s よりも大きくなっているが、荷重が300t以上になると両者の差はかなり小さくなる。また、 K_s は P_1 、 P_2 とも荷重の増加にともない様に低下するのに対し、 K_d は P_1 で急激に低下するものの P_2 では低下する度合いが小さくなっている。なお、図中の実線は道路橋示方書の方法により求めたばね定数で K_s のほぼ平均値に近い値となっている。

今回対象とした杭の他に、29本の場所打ち杭に対する静的荷重試験の結果²⁾より杭頭ばね定数の範囲を求めると図-4のハッチの部分となる。また、図-4に動的試験のみを実施した3本の杭($P_3 \sim P_5$)のばね定数を併せて示す。 $P_3 \sim P_5$ はいずれも直径1.2mであり、杭長は P_3 が21.0m、 P_4 および P_5 が31.45mの支持杭である。図-3および図-4に示す本法で求めた動的ばね定数は、低荷重域を除いてほぼ静的ばね定数の範囲内となっている

4. 結論

静的試験と動的試験による杭の弾性係数および地盤ばね定数を比較した結果、両者には違いがみられた。特に地盤ばねについては従来言われているように動的ばねは静的ばねの数倍であることが確認できたが、この値は常に一定ではなく荷重に依存することが明かとなった。

<参考文献>

- 1) 鳥野、麻生、松井、前田、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
- 2) 建設省土木研究所資料、周面摩擦によって支持されるくいの挙動に関する資料、1973

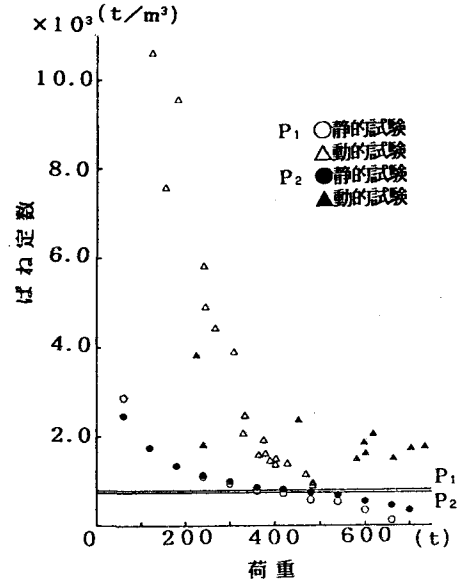


図-3 ばね定数の比較

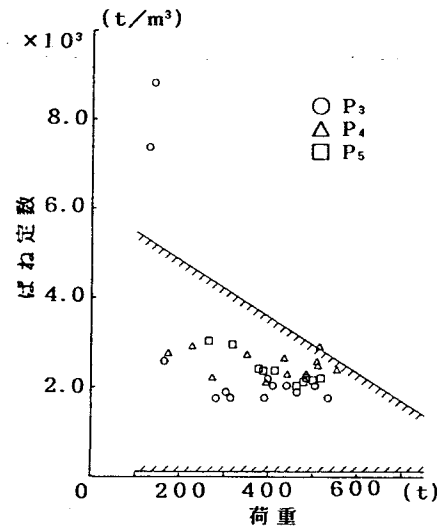


図-4 動的ばね定数