

大阪市立大学工学部 大島昭彦 高田直俊
 サンパウロ技術研究所 Sussumu Niyama

はじめに 一般に開端杭が地盤に圧入されると杭内に土が押し込まれて、ある段階で先端が閉塞状態となる¹⁻³⁾。この作用は杭の支持力の評価に密接に関わる。一方打撃によって動的に所定の根入れまで打ち込まれた杭と地盤間の相互作用は、静的に圧入された場合とはかなり異なったものになるといわれている。今回、この問題に対して遠心模型実験による取り組みを始めた。ここでは開端杭を静的、動的に地盤に貫入させ、杭周辺と杭内部の土の動きを調べた例を紹介する。

実験方法 模型地盤は図-1に示すような軸対称三次元半断面模型で、長さ40cm×幅30cm×深さ28cmのアルミニウム製の供試体容器に固定した半径15cm×深さ25cmの鋼製の半円モールド内に作成し、模型杭をその中心に貫入させる。遠心加速度100gで、模型地盤半径15cm(原型換算15m)、層厚20cm(同20m)である。模型杭は大口径の鋼管杭を想定し、ステンレス製の外径1.5cm(同1.5m)、肉厚0.05cm(同5cm)、長さ23cm(同23m)、質量21g(同42t)の半断面で、杭内の土の高さを測定するために内面に2mmピッチに目盛をつけている。模型材料には最大粒径2mm、0.075mm以下の細粒分を5.8%含む砂質土($U_c=3.4$, $\rho_{dmax}=1.71t/m^3$, $\rho_{dmin}=1.37t/m^3$, $w_{opt}=14.3%$)を用いた。

実験の手順は、まず含水比4%(100g場で間隙水が移動しない含水状態から決めた)に調整した材料を4層に分け、長さ15cm、中心角45°の扇形底板を介して質量2.5kg、落下高20cmのランマーで、落下回数各層8回に締固め、相対密度45%の地盤を作成する。観測用ガラス面には約1mm厚の寒天膜を作成し、ガラス面と模型地盤との摩擦を切る。この寒天膜の上に直径1.5mmの標点(171点と不動点4点)を設置し、地盤変形を捉える。

模型地盤をまず100gの遠心場に1時間置き、自重沈下させる。次に図-2に示す杭打撃装置を取り付け、再び100g場に模型を置く。この装置は重錘の吊上げと一定の高さからの落下を小型モーターによって連続的に繰り返す。模型杭はガイドレールに沿わせることにより、地盤に垂直に貫入できる。まず重錘と重錘吊上げ金具の自重(原型換算質量200t、模型質量は半断面のため100g)で、杭を静的に地盤に貫入させる。次に質量20g(原型換算40t)の重錘を落下高1cm(同1m)で杭を連続的に打撃し、深度12cm(同12m)まで打ち込む。その過程で打撃回数10回毎に、地盤への杭の貫入量と杭内の土の高さを測定し、標点の動きを写真撮影する。

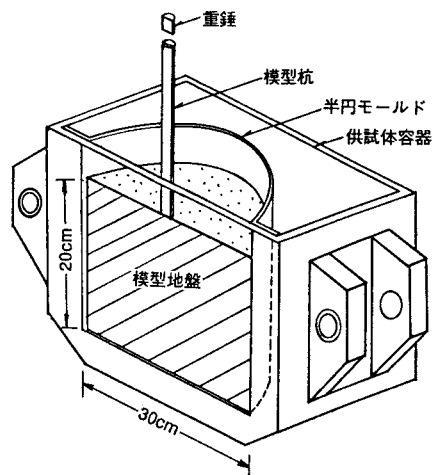


図-1 模型地盤

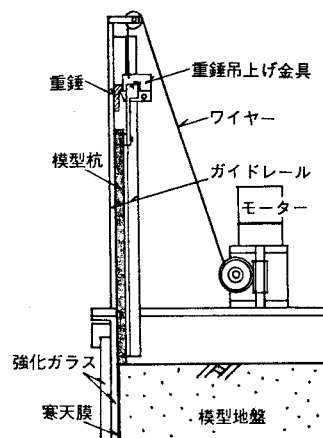


図-2 杭打撃装置

実験結果 図-3に杭の貫入量Pと杭内の土の高さhの関係を示した。図中のNは打撃回数である。初めに杭はその自重で地盤に原型換算で2.2m貫入し、さらに重錘と重錘吊上げ金具の自重で静的に2.5m貫入した。両者は原点を通る同じ直線上にある。動的貫入時には静的貫入による直線から離れるが、貫入量12m程度(打撃回数120回)まではほぼ同じ直線上にのっており、1打撃当たりの貫入量は小さくなっていく。

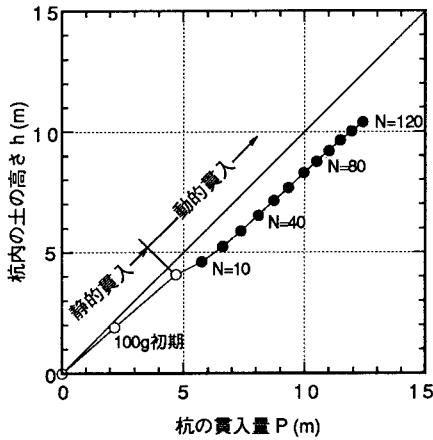


図-3 杭の貫入量と杭内の土の高さの関係

図-4に静的貫入と動的貫入時における変位ベクトルと等鉛直変位線(変位は原型換算値2.5cmから2倍ずつ増える値に選んだ)を示した。静的貫入時の変位は杭自重による貫入後を、動的貫入時の変位は静的貫入後を初期値としている。杭内の土の地表面近傍の標点は地盤変形に追従していない(側方土圧が小さいため)ため図から除いた。静的貫入時には杭内の土は上部から下部まで同程度の鉛直変位が生じ、また杭先端での鉛直変位は杭先端から球根状に生じている。これに対して動的貫入時には杭内の土の鉛直変位は上部ほど大きく、杭先端では変位が小さいことから、中央部付近の土が締固められていることがうかがえる。杭の外側では地盤上部では広い範囲まで変位が生じ、下部では杭近傍に限られている。これは打撃による衝撃の伝播と杭と土の摩擦により土が杭側に引きこまれたものと考えられる。

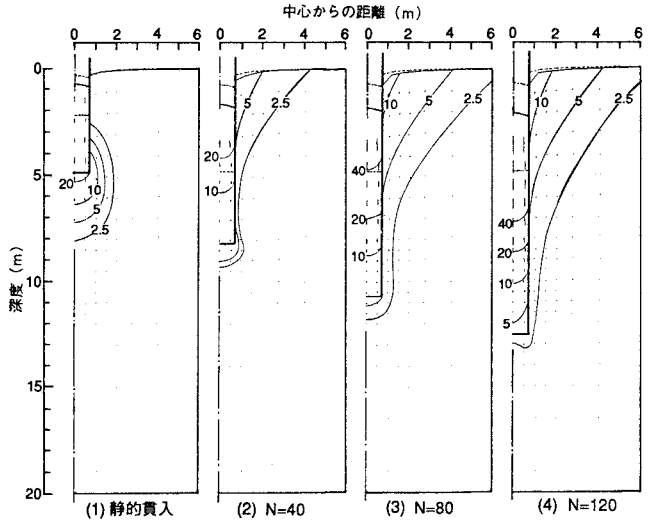


図-4 地盤変形

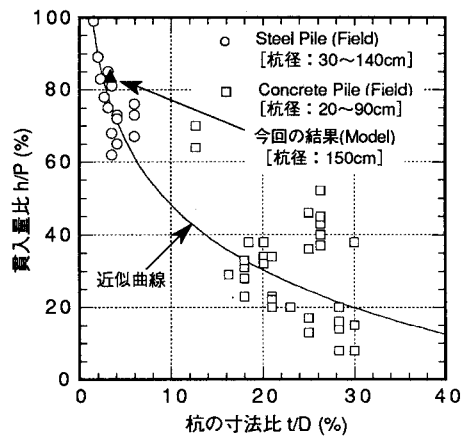


図-5 現場と模型の貫入量比と杭寸法の関係

図-5に筆者の1人(Niyama)がいくつかの現場で測定した開端の鋼管杭とコンクリート杭の動的貫入時の杭内の土の高さ h と杭の貫入量 P の比 h/P と管の肉厚 t と外径 D の比 t/D の関係を今回の結果と合わせて示した。管の外径に比して肉厚が薄い鋼管杭は h/P は大きく、先端が閉塞状態とはなりにくいが、管の外径に比して肉厚が増すコンクリート杭では h/P は小さく、先端が閉塞しやすい。今回の鋼管杭を想定した実験結果は現場のデータと良く整合している。

あとがき 今回の鋼管杭の例では、静的貫入に比べて動的貫入では杭の内側と外側の土の動きに明かな違いがあった。今後、杭の外径と肉厚を変えた実験を行い、動的貫入時の地盤変形、および杭打設後の静的載荷から支持力と閉塞効果の関係を調べていきたいと考えている。

文献 1) 山原：鋼管ぐいの閉塞効果と支持力機構(その1、2)、建築学会論文報告集、vol.96、97、1964
 2) Kishida：The ultimate bearing capacity of pipe piles in sand, 3th ACSMFE, pp.196-199, 1967
 3) Niyama et al：Drivability and performance assessment of driven piles subjected to negative skin friction, 12th ICSMFE, pp.75-78, 1989