

I - 825

模型杭による水平載荷に関する実験的研究

開発工営社	正 員	松 井 義 孝
北海学園大学	正 員	早 川 寛 志
専修大学道短大	正 員	金 子 孝 吉
北海学園大学	正 員	当 麻 庄 司

1. はじめに

構造物基礎の中で杭基礎設計に関しては、「道路橋示方書Ⅳ」に弾性体基礎として林-Chang の水平方向地盤反力係数(k_H)を考慮した設計手法がある。杭の許容水平変位量は基礎の弾性領域の範囲以内として杭径の1%以下($\leq 15\text{mm}$)と制限しているが、実際には制限を超える場合も起こり得る。従来、現場における杭の水平載荷試験法は、杭外壁に貼ったひずみゲージと杭頭及び載荷点の変位計測をダイヤルゲージ、傾斜計等によって計測されているが打ち込み時の破断等も多く、根入れ長の大きい場合には計測不可能なことが多い。本実験では、従来不可能とされていた細い金属管内壁に正確にひずみゲージを貼ることが出来た。ややゆるずめの豊浦標準砂を用いた実験槽に先端ピン構造としたアルミパイプを模型杭とし、水平方向地盤反力係数(k_H)を深さ方向に測定し、理論式による計算結果との比較を試み考察を加えたものである。又、それらに有効な実験法としてここに実証し紹介する。

2. 実験装置及び模型杭

実験槽は、高さ・幅・奥行きがそれぞれ $90 \times 60 \times 120\text{cm}$ (高さ可変)のコンクリート型枠用メタルフォームを緊結して使用した。載荷方法は外径 0.8mm のステンレス製ストランドワイヤーによって杭の任意の高さに水平載荷出来るように配置され、他端は槽外で滑車を介し重錘によって載荷し1/100mm 読みのデジタルダイヤルゲージを設置した。杭材は、高精度で簡単に入手可能なアルミパイプ(外径12mm, 肉厚1mm)を用いた。 $(E=6.8 \times 10^5 \text{kgf/cm}^2, I=5.27 \times 10^{-2} \text{cm}^4 ; \text{ 実測値})$ 今回試作した模型杭は、接着時の加圧に磁石を用い、接着面に $2 \sim 5 \text{kg/cm}^2$ の加圧をするために管外に配置したマグネット・コイルに通電する。本実験に使用した模型杭は先端から8cm間隔で管内に7枚のひずみゲージを貼り、ひずみ増幅器を経由してデータアナライザーに収録解析する。

3. 実験内容及び実験結果

本実験は以下の3 CASEについてそれぞれ片引き水平載荷試験及び両引き交番水平載荷試験を行った。

CASE 1 根入れ長 $h=48\text{cm}$ 、CASE 2 根入れ長 $h=60\text{cm}$ 、CASE 3 根入れ長 $h=75\text{cm}$

CASE 2 図-1は根入れ長 $h=60\text{cm}$ について行ったものであり、荷重の増加にともなって、最初のパターンを大きく変えることなくひずみの増大がみられる。つぎに5kgf載荷の状態でフレームにプラスチックハンマーでわずかに衝撃を与えることによって、ひずみは急激に増大し、あたかも等分布荷重を受けたような放物線状を呈する。これは杭頭の荷重の増加にともなって砂の中に成長したアーチアクションから応力の再配分への移行を示すものであり、水平力を受ける杭の地震時に於ける挙動を示唆するものと思われる。そこから、1 kgf 毎に除荷するにつれて、杭先端部のひずみを維持しながら地表に近いほうからひずみの減少が見られ、荷重を完全に取り除いた後も杭の先端は周囲の砂による拘束が残る。この段階ではフレームに衝撃を与えても消滅には至らない。これは、ここではもはやフレームと杭の間に強いアーチが存在しないことを意味する。しかし、杭頭にわずかに手をふれると消滅する。CASE 1 図-2は根入れ長が48cmで有限長の場合を示す。CASE 3 図-2は半無限長の場合に相当する。杭先端付近に注目すると、ひずみのゼロまたはマイナスの部分が、特に低荷重の時に明確に現れており、それが荷重の増加に反比例するかのように杭の先端方向へと移行していく様子が見られる。図-3、4、5はそれぞれCASE 1, CASE 2, 及びCASE 3の各根入れ長に対して地震力を想定した交番荷重による載荷試験の杭頭変位-荷重曲線である。図-3、4、5の上側に描かれた履歴曲線(杭頭変位-荷重曲線)に注目すると、図-3 (CASE 1 根入れ長 $h=48\text{cm}$)では、初期の状態から荷重を増すごとにプラス側に傾いて行き、各荷重ごとの頂点を結ぶと円弧状をなしている。このことは、

支持層までの根入れ長の浅い杭にあっては、杭頭に初期に受けた荷重の方向に変位が左右され、交替荷重にもかかわらず、一方的に変位が累積し、極めて復元力に乏しいことを示している。図-4（CASE 2 根入れ長 $h=60\text{cm}$ ）の杭頭変位履歴曲線では、各荷重ごとの頂点を結ぶ線は、やや直線をなしており、水平荷重ゼロの時の残留変位量についても、荷重ごとに順次配列されているのがみられる。これは、非常によい復元性を示しているといえる。図-5（CASE 3 根入れ長 $h=75\text{cm}$ ）の杭頭変位履歴曲線では、载荷の初期段階（荷重の小さい領域）ではCASE 2の場合と同様な直線状の復元傾向がみられるが、荷重を増すにつれ、変位量の増加率が大きくなり、各荷重ごとの頂点を結ぶ線は、ゆるい反向曲線を描いている。支持層までの根入れ長が長いために、杭頭変位の大きい領域では、乾燥標準砂の周囲地盤によって影響を受けることによって、杭頭の挙動が、塑性状態に近いような非線形的挙動を呈しているように見受けられる。以上より、CASE-2 $h=60\text{cm}$ が弾性体として杭の特性等種々の条件がつりあって良好なバランスである事がうかがわれる。

4. まとめ

本実験では模型杭管内壁にひずみゲージを貼る事に成功し、今後模型実験においても基礎と地盤連成問題等も探求できる確信を得た。水平载荷実験の結果、片引き载荷では载荷状態で衝撃を与えると、杭中央部に極端なひずみの増大が見られ、そこから除荷の過程では、ひずみは杭頭部から減少する。そのため、先端部に応力の集中が移行する。これは、地震時の挙動や断面変化の問題を示唆しているものと思われる。両振り载荷の結果では、従来の現場载荷試験のパターンと良く一致しており今後室内実験においても充分適用可能と思われる。今後、杭頭モーメント・軸力等複合荷重の条件下における挙動、そして荷重-地盤係数の相関については、砂の相対密度やフレーム壁面の土圧等を考慮した研究を進めて行きたい。

参考文献 日本道路協会：道路橋示方書Ⅳ、杭基礎設計便覧 土質工学会：杭の水平载荷試験方法

横山幸満：杭構造物の計算法と計算例、山海堂

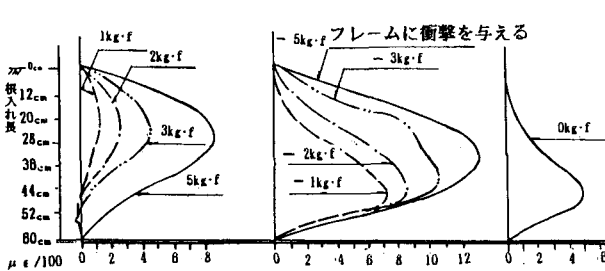


図-1 荷重-変位曲線 ($h=60\text{cm}$)

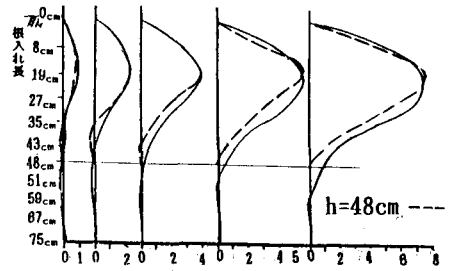


図-2 荷重-変位曲線 ($h=48\text{cm}$, $h=75\text{cm}$)

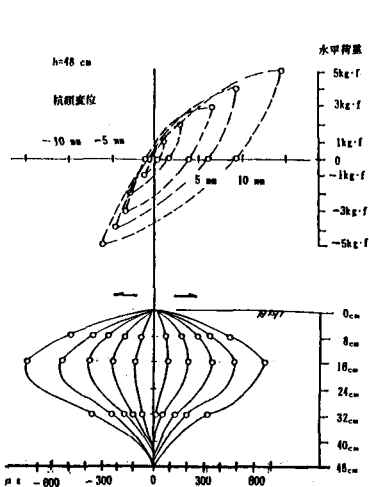


図-3 杭頭変位-荷重曲線 ($h=48\text{cm}$)

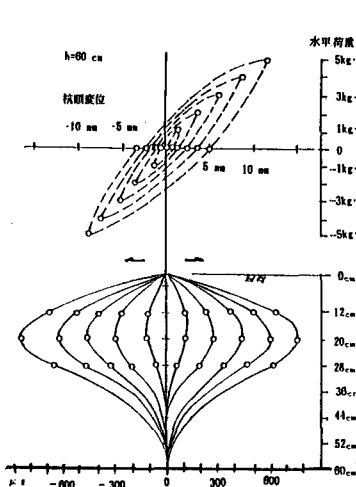


図-4 杭頭変位-荷重曲線 ($h=60\text{cm}$)

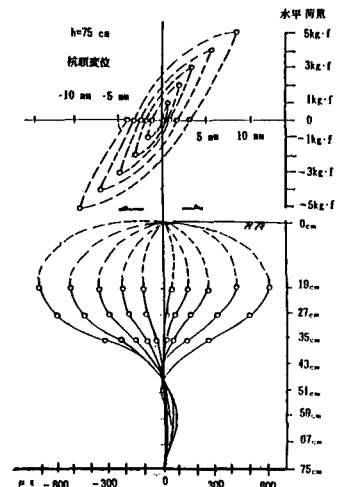


図-5 杭頭変位-荷重曲線 ($h=75\text{cm}$)