

III-353 地すべり抑止杭の水平抵抗に関する基礎的研究

京都大学工学部 足立 紀尚・木村 亮, 大学院 ○多田 智

1. はじめに わが国は世界でも有数の地すべり発生国であり、地すべり危険地帯が数多く指定されている。地すべりをいかに防止するかは重要な問題であり、古くから抑制工とともに、地すべり抑止杭による抑止工法が適用されている。この地すべり抑止杭は、地盤と杭の相互作用により杭体に作用する水平荷重が定まり、挙動が複雑なため未解明の点を残している。そこで筆者らは、簡単な模型実験により現在までに地すべり抑止杭の抑止機構の解明を試みた^{1), 2)}。本研究では、杭前面のアーチ効果の存在と千鳥杭の有効性について述べる。

2. 模型実験の特色 実験手法の詳細については文献 1), 2) を参照されるとして、ここでは模型実験の特色について述べる。本実験は地すべり土塊の引張り領域に打設した抑止群杭の挙動を調べたもので、特徴は以下のようにとめられる。

- 1) 図-1 に示すように、杭を含む地すべり土塊を2次元モデルとしてとらえ、地盤をアルミ棒積層体で表現した。
- 2) 地盤を約90°回転させ、地すべり土塊の移動現象を底板が一様に降下する降下床で再現した。
- 3) 写真-1 に示すように、ひずみゲージを用いて、変形を許したモデル杭に作用する荷重を計測できる。
- 4) 地盤に標点を埋め込み、写真撮影によって地盤の動きが測定できる。
- 5) 種々のパラメータを変化させ、数多くの実験が容易にできる。

実験のパラメータは図-2 に示す杭中心間隔 s ・前列後列杭間隔 b ・土被り z および杭剛性・杭配置・杭形である。実験手順はアルミ棒積層体を積み上げ標点を埋め込んだのち、降下床を降下させ、各降下量で杭に作用する荷重を測定し、写真撮影を行う。

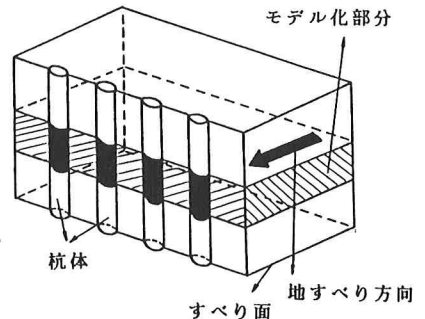


図-1 地すべり抑止杭のモデル化

3. 実験結果と考察 本実験は同じ実験を再現性のチェックのため3回行ったが、杭に作用する荷重のばらつきは10%程度であり、再現性は良好であった。以下実験値は3回の平均値で表す。ここでは紙面の都合上並列杭前面のアーチ作用と千鳥杭の有効性について結果を示し考察を加える。

(1) 並列杭前面のアーチ効果 図-3 は並列群杭の中心に位置する杭(中心杭と略称)に作用する荷重 H と降下床の降下量 δ の関係を示したものである。15本の並列群杭の各杭に作用する荷重分担は同じであったので、中心杭にだけ着目した。図-3 から以下のことが読み取れる。

- 1) $\delta=0\text{mm}$ においては、どの杭間隔でも土被り圧より若干大きな荷重を受けているが、 δ の増加により H は急増する。
- 2) H は $\delta=3\text{--}5\text{mm}$ 時に最大荷重をとり、以後徐々に減少する。
- 3) 杭間隔が離れているほど H は大きい。
- 4) δ が 10mm を越えると単杭と $s=6.0d, 8.0d$ の挙動は同じようになる。
- 5) どの杭間隔でも一旦減少した H が、再び増加するような現象が見られる。

1), 2) に関しては標点の動きから、図-4 に示すようなアーチが杭前面にできることがわかっており、応力が杭体に集中するためである。しかし2), 4) のように降下量が 5mm を越えるとアーチは徐々に切れはじめ杭に作用する荷重は減少する。5) のような現象は δ が 5mm を過ぎても杭前面の地盤で粒子の再配列が起こり、2段階目・3段階目のアーチができるためと、近接杭間での荷重のやりとりがあるためと推測される。図-4 を参照してアーチの向きについて考察する。杭間の粒子 A・B・C・D に着

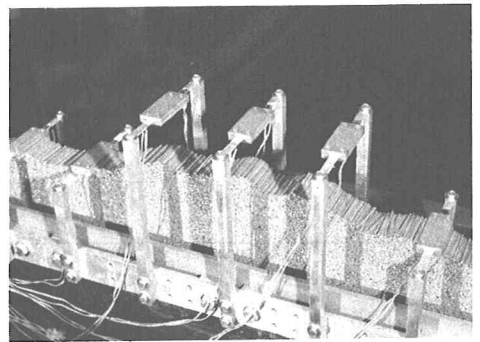


写真-1 モデル杭とその固定方法

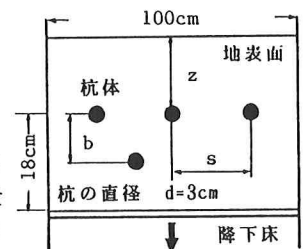


図-2 杭間隔・土被り

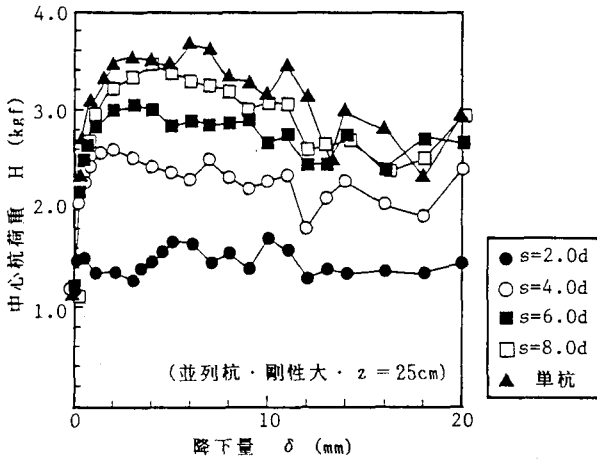


図-3 H-δ 関係

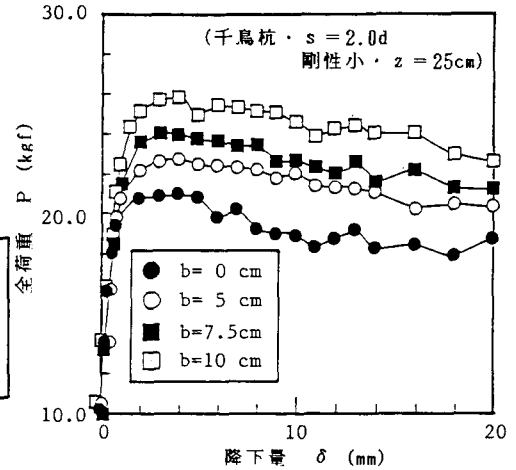


図-5 P-δ 関係

目すると、降下床の降下とともに粒子Dは降下床と同様の降下をする。粒子Dが下方に降下するので、その上部の粒子B・CもDに引きずられるように下方に移動しようとする。しかし粒子Aは降下量 δ が小さい（0-3mm時）間は降下床と同様の降下をするものの、ある程度降下するとアーチ状の粒子の列が杭の存在によって隣どうし手をつなぐように結び付き、斜線で示した部分の2倍の荷重が杭体に作用する。ここでポイントとなることは、杭後方の地盤が移動したとき杭前面の地盤では杭近傍の粒子が杭の存在をキャッチし粒子Aまで迅速に情報を伝達するという点と、隣合う粒子の力の伝達だけでなく図に示すような内側からアーチを抑える力が必要な点である。粒子B・Cは杭が存在するといった情報を得られても隣合う粒子どうして手を結べないか、全く杭の存在に気がつかず下方に移動するわけである。このアーチの形状については $z=25\text{cm}$ の場合は正三角形をベースとしたアーチで、斜線部分を2倍した推定荷重と実測荷重はどの場合でも一致した。しかし杭周辺の水平方向の拘束圧の大小によってアーチ形状の違いがあると推測される。

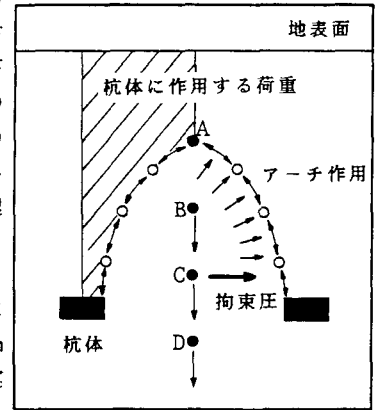


図-4 杭前面のアーチ作用

(2) 千鳥杭の有効性 地すべり抑止群杭は通常千鳥杭として用いられることが多い。ここで千鳥杭の挙動を調べるために千鳥杭の前列後列杭の間隔 b を変化させた実験結果を図-5に示す。縦軸には千鳥杭全体に作用する荷重 P をとっている。 $b=10\text{cm}$ は隣合う杭が正三角形に配置した場合で、 $b=0\text{cm}$ は $s=2.0d$ の並列杭を示している。図から地すべり引張り領域に杭を打設する場合、同一の杭本数で地すべり土圧に抵抗するならば、並列杭よりも千鳥杭が有効で、前列杭と後列杭の間隔を離すほどその有効性が高まることわかる。千鳥杭が有効な理由は、杭体前面に2段のアーチ効果が期待できるためである。図-6は千鳥杭の前列杭および後列杭の作用荷重の推移の違いを表したものである。図から降下床の降下とともにまず初めに後列杭前面にアーチができ、 $\delta=2\text{mm}$ で最大荷重をとる。後列杭のアーチが切れると前列杭と後列杭間の地盤が動くため、前列杭前面に後列杭より遅れてアーチが発生する。

4. おわりに 今後は粘着力のある地盤材料による同様の実験

や、実験結果を説明し得る解析手法の開発、圧縮領域に打設した抑止杭の挙動について研究を継続する予定である。

☆参考文献 1) 足立ほか；地盤の側方流動に関するシンポジウム発表論文集，1986，pp.29-36. 2) 足立ほか；地すべり抑止杭の水平抵抗に関する実験的研究，第22回土質工学研究発表会，1987（投稿中）

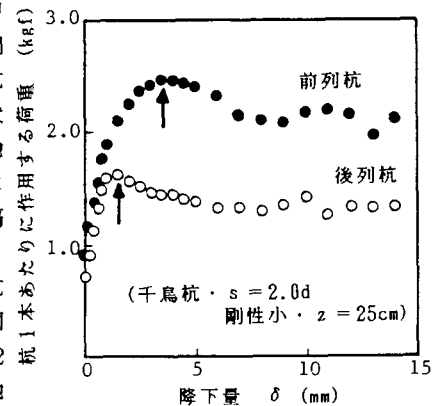


図-6 千鳥杭の前・後列杭に作用する荷重の違い