

地すべり抑止杭の抑止機構に関する実験的研究

京都大学工学部 足立紀尚, 木村 亮 同大学院 多田 智
阪神電鉄(株) ○宮本和男

1. はじめに 我国は世界でも有数の地すべり発生国であり, いかに地すべりを防止するかは重要な問題である。地すべり防止工法として杭による抑止工が多用されているが, この工法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部分を残している。本研究は種々のパラメータを変化させた簡単なモデル実験を実施し, 地すべり抑止杭の抑止機構の解明を試みたものである。本報告では杭幅の影響と, 杭前面のアーチ効果について実験結果を示し考察を加える。

2. 実験の特色 実験装置および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。本実験は砂質地盤を対象とし, 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まとめられる。

- (1) 図-1に示すように, 杭を含む地すべり土塊を斜線部の2次元モデルとしてとらえ, 地盤をアルミ棒積層体 ($\phi = 30^{\circ}$, $c = 0 \text{ kgf/cm}^2$) 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樣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モデル杭自身に簡易ロードセルの機能を持たせ, 変形を許したモデル杭に作用する荷重を計測できる。
- (4) 地盤に標点を埋めこみ, 写真撮影によって地盤の動きを測定できる。
- (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。
(現在まで, 160ケースを実施)

実験のパラメータとしては, 図-2に示すように隣合う杭の中心間隔 s , 地すべり作用外力の大小を表すアルミ棒載荷高さ z , および杭幅 d , 杭形(方形杭と円形杭), 杭剛性(モデル杭を固定する板ばねの剛性を変化させる), 杭配置(並列杭, 千鳥杭等)などである。実験手順はアルミ棒積層体を積み上げ標点を埋めこんだ後, 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。

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, その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。

文献2)では, 方形断面の並列杭(杭幅 $d = 3 \text{ cm}$)の降下床の降下量 δ と並列群杭の中心の杭に作用する荷重 H との関係(図-3に模式図を示す)から以下のような知見を得た。

- (1) 降下床の降下量 $\delta = 0 \text{ mm}$ においては, どの杭間隔でも計算上の初期作用外力に近い値を示しているが δ の増加により並列群杭の中心杭に作用する荷重 H は急増する(領域 a)。しかし, $\delta = 3 \sim 5 \text{ mm}$ 時(領域 b)に最大荷重をとった後は H は徐

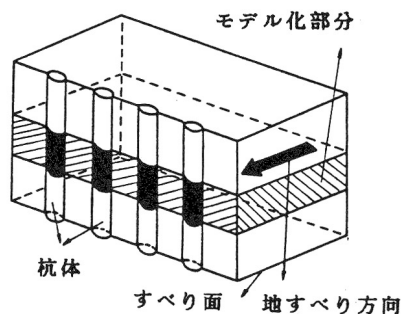


図-1 地すべり抑止杭のモデル化

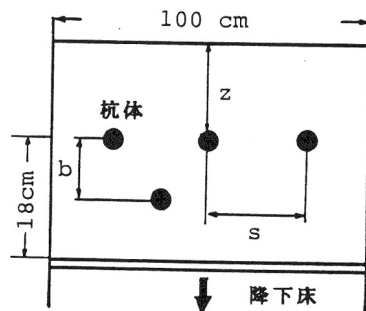


図-2 実験のパラメータ

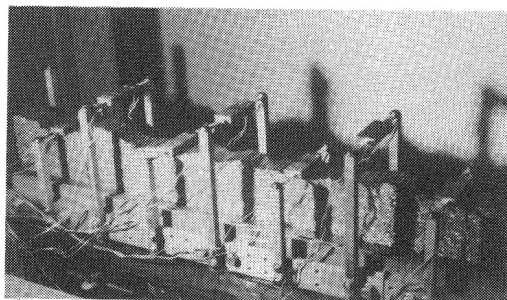


写真-1 モデル杭の固定方法

Toshihisa ADACHI, Makoto KIMURA, Satoshi TADA and Kazuo MIYAMOTO

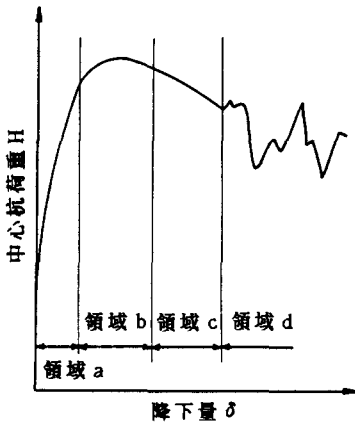


図-3 H- δ 関係の模式図

- 々に減少する(領域c)。
- (2) 杭間隔が離れているほどHは大きくなり、単杭が最大となる。この場合単杭とは積層体の中心部に杭を1本だけセットした杭配置である。
 - (3) δ が10mmを越えると、杭中心間隔sが8.0d以上の挙動は単杭の挙動と同じようになる。
 - (4) 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(領域d)。

以上の結果に対して、アルミ棒の粒径と杭幅の相対的な大きさの違いが抑止機構にどのような影響をあたえるかを調べるため、杭幅 $d = 2\text{ cm}$ 、 5 cm で同様の実験を実施した。 $d = 2\text{ cm}$ の場合のH- δ 関係を図-4に示す。図は省略するが、 $d = 5\text{ cm}$ の場合でも同様のH- δ 関係が得られ、杭幅によらず前述した(1)~(4)の結論が導かれる。ここで、Hが急増するのは、図-5に示すようなアーチが杭前面に形成されているからで、図-3のb領域においてこのアーチ作用は最大限に発揮され、c領域以降ではこのアーチは切れていき、Hは減少していく。しかし粒子間の再配列が起こり第2、第3のアーチが発生するために $\delta = 10\text{ mm}$ を越えると(d領域)Hは激しく変動する。

ここでアーチ作用についての説明を行う。図-5の杭間の粒子A、B、C、Dに着目すると粒子Dは降下床の降下と同様の降下をする。粒子Dが下方へ移動するので上方の粒子B、CもDに引きずられるように下方へ移動する。しかし、粒子Aは降下量が小さい($\delta = 0 \sim 1\text{ mm}$)時は降下床と同様の降下をするが、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つき、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、隣合う粒子どうしで手を結べないか、あるいは全く杭の存在に気がつかず下方へ移動するわけである。

杭前面のアーチは、杭中心間隔sが8.0dを越えると形成されないことが $d = 3\text{ cm}$ の結果から推定されたが図-4のH- δ 関係からもs=3.0d、6.0dについてはアーチが形成されていると考えられるが、s=9.0d、12.0dについては単杭とほぼ同じ挙動を示しており、アーチは形成されていないことがわかる。

4. おわりに 今後は粘着力を付けた地盤材料による実験や、空気圧制御による載荷実験(地すべり外力が大きい場合)さらに詳しいアーチ効果の検証を行う予定である。

☆参考文献 (1) 足立ほか; 京都大学防災研究所, 第30号B-2 1987, pp.167~189 (2) 足立ほか; 第22回土質工学研究発表会概要集, 1987, pp.119~1194

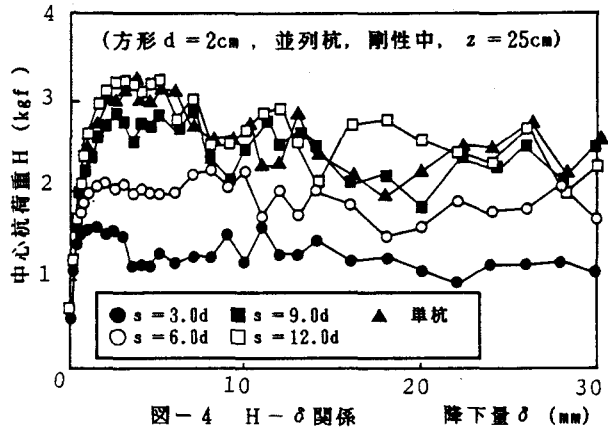


図-4 H- δ 関係 降下量 δ (mm)

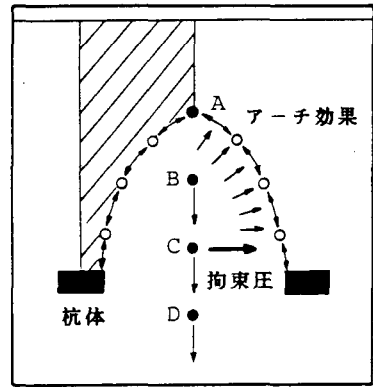


図-5 杭前面のアーチ作用