

# III-45 鋼管杭による地すべり防止工の試験

京都大学防災研究所

正員

山口 真一

新潟県 砂防課

・

渡元 光春

入信鋼管株式会社

・

中川 孝

・

・

谷 寿夫

・

・

井根 龍一

## 1. まえがき

地すべり防止工は、その地域の地質的条件に起因する場合が多く、従来の防止工法としては、地下水排水工法、地表水遮断防止工法、などが主として採用されてきた。最近ではこれらの工法が不可能な地域に於ける工法として、又これらと併用することによって防止工事を完全にするため、杭による防止工法が注目されているが、いまだこの設計に対する考え方は、まちまちである。そこで、地すべり活動中の現地に鋼管杭を挿入し、主としてすべり層中に於ける鋼管が受ける土圧分布と変形状態を調べ、一つの傾向をつかんだので以下にその概要を報告する。

## 2. 試験内容および測定方法(主として以下の事項について測定研究した。)

i) すべり面の位置判定: ボーリング調査、塩化管に於ける測定、伸縮計に於ける判定、理論解析などから推定したすべり面の深さに、杭の局部変形が合致するのを観察した。

ii) 鋼管杭の歪測定: 中径鋼管の内部にコンクリート充填した杭とシロロの杭について深さ1mピッチで円周方向各4ヶ所にストレージンを貼付け、鋼管の軸方向、円周方向歪を測定した。これより杭の変形曲線内部応力分布、荷重分布などを求めた。

iii) 土圧測定: 鋼管のすべり面付近と、すべり層上部にある箇所にもストレージンを利用した手製の土圧計を設置し、各土圧の絶対値を測定した。又鋼管の扁平に於ける歪を利用して杭長手方向に於ける土圧分布を求めた。

iv) その他: コンクリート充填管と非充填管との変形比較、杭下土壌層の移動量測定(トカメシおよび圧力計による)

杭間隔に於ける土圧の変化、鋼管挿入部下方土背面に於ける反動土圧、杭目に於ける土塊の動き(塩化管を用いて)

## 3. 試験場所 新潟県東蒲原郡板倉山町地すべり現場

i) 地すべり地概要: 長さ(360m) 巾(2400m) 面積(850m<sup>2</sup>)  
すべり高(約50m) 移動方向(西側から東側へ) 平均傾斜角(5°) すべり面深さ(地下6~7m及14~15m附近)  
地質(主として黒色頁岩、砂岩層、および粘土)

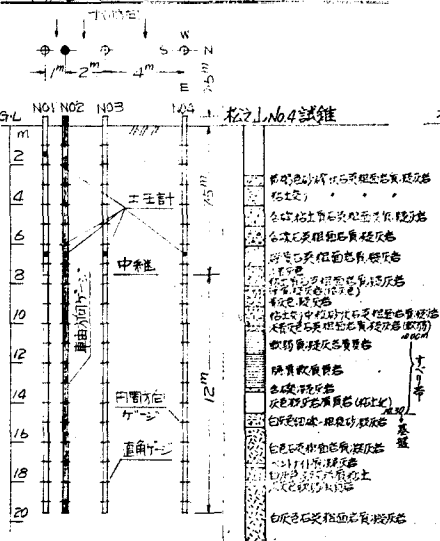
## 4. 試験杭の構造および配置 (図一)

鋼管鋼管(STK41)  $\phi 105 \times 6.9 \times 20m$  — 4本

充填コンクリート ( $\rho_s = 200 \sim 250 \text{ kg/m}^3$ )

表1に設計および土圧計取付内容を示す。

図一 鋼管杭の構造と配置



5. 試験結果(ニッパ NO.3 鋼管の各測定値に於ける  
軸方向歪の経日変化と、その計算値に諸値  
を示す。)

i) 地すべり荷重の方向: 地すべり地層の移動方  
向、土圧の主方向、おびねれ曲り方向に等しい。  
この方向を N-S 線を境に W から E 向きにあり反逆  
歪の比  $\frac{E_N}{E_W} = \frac{E_S}{E_E} = \frac{E_{SW}}{E_{SE}} = \frac{E_{NW}}{E_{NE}} = \tan \theta$  となり

$\frac{E_N}{E_W} = \frac{E_S}{E_E} > 0$   $\frac{E_S}{E_W} = \frac{E_N}{E_E} < 0$  なら方向は W 側 N 側  $\theta$  の位置

$\frac{E_N}{E_W} = \frac{E_S}{E_E} < 0$   $\frac{E_S}{E_W} = \frac{E_N}{E_E} > 0$  なら方向は W 側 S 側  $\theta$

以下に  $E_N, E_S, E_E, E_W$  は各深さ各方向の軸方向歪測定値

ii) 杭の曲率及び曲率半径: i) に於て測定された方向  
への杭の曲り変形は弾性範囲内で取扱われ、次式に於ける。

$$\rho = \frac{D \cos \theta}{\frac{1}{E_W} + \frac{1}{E_E}} = \frac{D \sin \theta}{\frac{1}{E_W} + \frac{1}{E_S}} \quad (\text{曲率半径 } m)$$

$$2.2 \text{ に } D = \text{杭の外径}, C = \text{曲率} = \frac{1}{\rho}$$

iii) 杭のたわみとたわみ角

$$\phi = \frac{d\psi}{dx} = \int \frac{1}{\rho} dx = \int \frac{2E}{D} dx \quad (\text{たわみ角}) \quad E = \frac{E_W + E_E}{2 \cos \theta} = \frac{E_W + E_S}{2 \sin \theta}$$

$$\psi = \int \phi dx = \int \int \frac{1}{\rho} dx^2 = \int \int \frac{2E}{D} dx^2$$

iv) 曲げモーメント

$$M = \int \phi \cdot Z = E \cdot E \cdot \frac{ZI}{D} \quad \text{又} \quad C = \frac{1}{\rho} = \frac{M}{EI} = \frac{d^2\psi}{dx^2}$$

2.2 に、E = 鋼管の弾性係数、EI = 曲げ剛性、Z = 断面係数

$$v) \text{ 剪断力: } S = \frac{d^3\psi}{dx^3} = \frac{d}{dx} \left( \frac{1}{\rho} \right)$$

$$vi) \text{ 地盤反力: } q = \frac{d^4\psi}{dx^4} = \frac{dS}{dx} = \frac{d^2}{dx^2} \left( \frac{1}{\rho} \right)$$

6. 考察 地すべり防止杭設計上、最も重要な土圧の作用

状態について、NO.3 杭のデータで得られた杭の軸方向歪分布から

次の不変な角算式をみたす。一般に弾性反系上に置かれた梁に

荷重が作用すると曲げモーメントを受けて曲り同時に地盤反力を

生じるが荷重から分離されると曲げモーメントは急激に消失し、梁は

単に荷重より生じる局部曲げと局部変形を強制される。

NO.3 杭に求めた曲線がこれにより傾向をいめられており、性質の

異なる二つの地層間に立つ片端梁の受ける外力がその反力と二つの

層の境界近傍で集中し、境界から相当距離に於てはほとんど反

力を生じない均合する場合を想像して理論曲線を求める

ると NO.3 杭のあり方向曲線 (E-W 曲線) と非常によく

一致する。従来地すべり防止杭に基礎中に固定された片端梁として荷重下あり面から上部に等分布又は三角分布を想定する

に於ては、その可能性の十分ある当地の地層流動性や地すべり地に於ける限りは、土圧の分布にあり面の 2 倍

近傍に集中的に働くのである。従ってこの場合、設計に於ける経済的に有利である。

表一

| 杭番号                | NO.1 | NO.2 | NO.3 | NO.4 |
|--------------------|------|------|------|------|
| 円筒方向ストリート (1m x 4) | 有    | 無    | 無    | 有    |
| コンクリート基礎           | 無    | 有    | 無    | 無    |
| 軸方向ストリート           | 無    | 76mm | 76mm | 無    |
| 円筒方向ストリート          | 76mm | 無    | 76mm | 76mm |
| 土圧計                | 6ヶ   | 3ヶ   | 3ヶ   | 3ヶ   |
| 温度補償用ゲージ           | 3ヶ   | 3ヶ   | 3ヶ   | 3ヶ   |
| リットル経路             | 管内   | 管外   | 管内   | 管内   |

図-2

(NO.3 杭軸方向  
E-W 成分の歪及び  
曲率、各成分の  
経日変化)

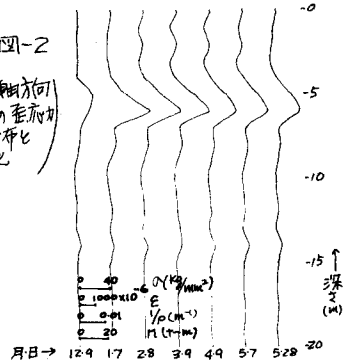


図-3

(NO.3 杭たわみ  
曲線 E-W 成分  
と経日変化)

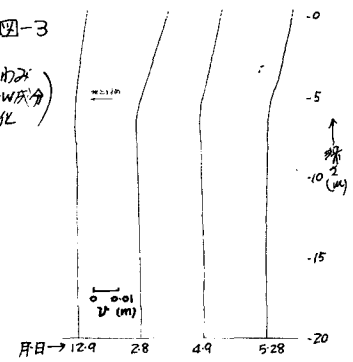


図-4.5

(NO.3 杭剪断力  
地盤反力分布  
E-W 成分)

