

斜面模型を用いたアンカー工の効果測定

三重大学生物資源学部 ○近藤観慈, 宮田真樹
林 拙郎, 沼本晋也

1. はじめに

アンカー工は崩壊などの斜面土塊の移動現象を抑止する工法として広く用いられる。アンカー工の効果的な配置は解析的方法により明らかにされてきている(例えば, 近藤ら, 1998)が, 実験からこれらを明らかにした研究はほとんどみられない。本研究では, 近藤ら(2003)が開発したすべり面(以下, 底面)の垂直力・せん断力測定装置をアンカー工の設置された模型斜面に適用して, 実験値からアンカー工の効果的な配置を明らかにした。この結果は既往の解析的な研究結果を立証するものとなった。

2. 底面の垂直力・せん断力の測定装置とアンカー工

底面垂直力・せん断力測定装置(近藤ら, 2003)は, 図-1に示すように仮想な分割スライスの各底面に小型ロードセル(LM-5KA)を用いた垂直力測定用センサーを4つ, せん断力測定用センサーを1つ設置したものである。これらのセンサーにより移動土塊から底面プレートに伝わる各々の力を測定する。図-2に示すように, 垂直力測定用センサーは, このセンサーと木製斜面基盤上面との滑动方向の摩擦を小さくするために, レール上の車輪付き台車の上に置かれ, せん断力測定センサーは, 斜面基盤上面と底面プレート下面とに垂直に立てた2つの受圧板の間に設置されている。この受圧板には摩擦を小さくするためのステンレス板が設置されている。

この装置が取り付けられた斜面模型(奥行 21cm)を用いて, 図-1に示すようにワイヤーと木製版(長さ 15cm)によりアンカー材と受圧版をそれぞれ表現した。アンカー力測定用センサーは, 斜面沿い置かれた木板(受圧版と同寸法)と受圧版との間に4つ設置されている。アンカー力は, ワイヤーの先端方向に滑車を經由して, 錘で与えられる。

3. 実験時の安全率と内力の算定法

垂直力とせん断力の各センサー値から算定される安全率には, 実験では底面に極限平衡状態が生じないため, 土質強度の低減率による一般的な安全率定義式が利用できない。そこで別途定めた底面の強度定数(ϕ , c)と各センサー値(垂直力: N_{si} , せん断力: S_{si})から,

$$F_s = \frac{\sum_{i=1}^4 (N_{si} \cdot \tan \phi + c \cdot l_i)}{\sum_{i=1}^4 (S_{si})} \quad (1)$$

により安全率 F_s を算定する。ここに, i はスライス番号, l_i は各スライスの底面長さである。

各センサー値から内力を求める原理は, 移動土塊内の任意の点の内力が作用・反作用の力学的つり合い関係にあるため, 内力を無視しても土塊自重や斜面に作用する外力の総和が底面の垂直力とせん断力の総和と力学的につり合っていることにある(近藤ら, 2003)。図-3は上部荷重とアンカー力の作用する斜面である。この図の右に示す力の多角形において, 実験上既知であるスライス重量 W_i と外力 P , アンカー力 P_a の合力と, 実験で測定される底面せん断力 S_{si} と底面垂直力 N_{si} の合力とは力学的につり合っている。この図において各スライス間内力は, 各スライスの力のつり合い条件から, 図中の Z_{21} , Z_{32} , Z_{43} によって与えられる。

4. 実験に用いたモデル斜面

図-4に示すような傾斜角 12.5° , 15° , 17.5° , 斜面水平長約 80cm, 奥行幅 21.0cm で, 斜面上部に長さ 15cm の平坦部をもつ3つのモデルを用いる。各モデルに対して, 上部平坦部に段階的に載荷しながら(最大荷重 $P: 117.6\text{N}$), 各段階で総計 24 個のセンサーの測定を行う。各モデルの名称, スライス名, P_a , 土塊総重量 ΣW は図-4に示されている。導入角 β は斜面直交方向に対して上部方向をプラスとして, 7.5° 間隔で $-15^\circ \sim +15^\circ$ まで変化させた。

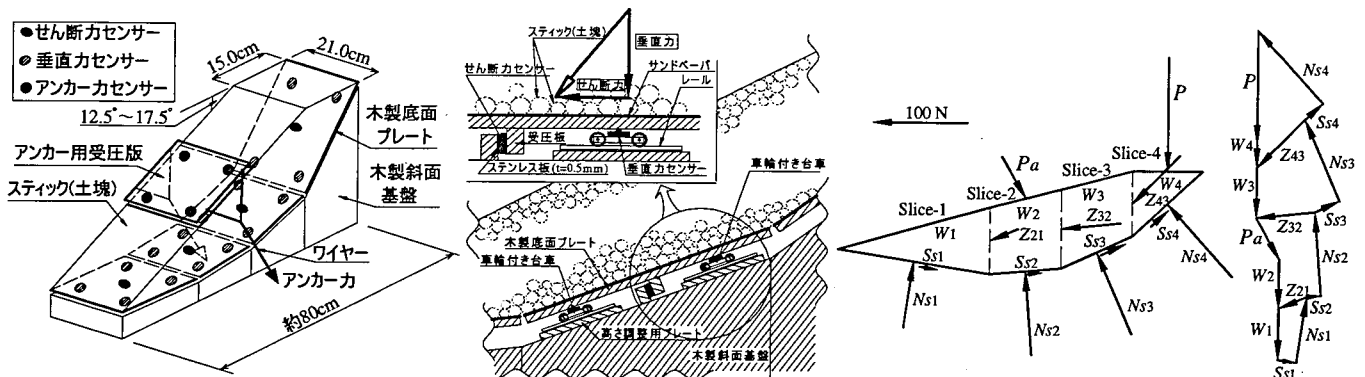


図-1 アンカー工のある斜面模型概略図

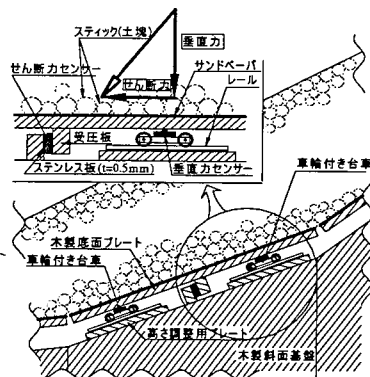


図-2 垂直力・せん断力測定装置図

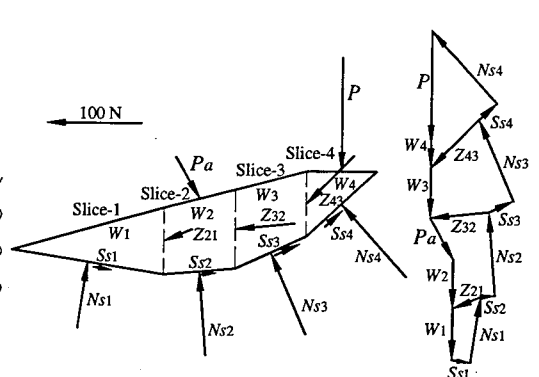


図-3 斜面に作用する力と力の多角形

5. 土塊材料等

すべり土塊は、スティック状の円形断面をもつポリプロピレン製の長さ210mm、直径4.5mmと6mmの2種類の材料が約3:2の本数割合で混合されたもので、サンドペーパー(#400)が

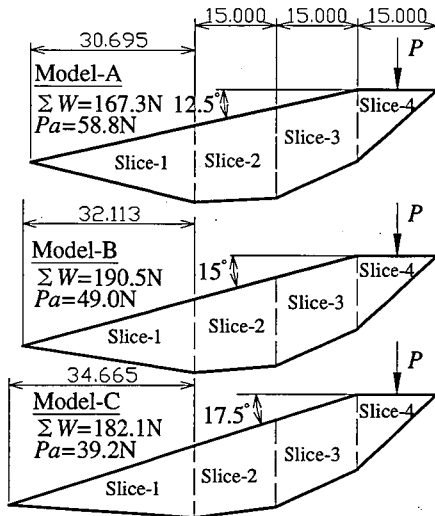


図-4 実験に用いたモデル斜面

貼られた底面上に均質に積み上げられている。スティック集合体の単位体積重量は Model-A ~ C でそれぞれ、10.4, 11.9, 11.2kN/m³(スティック積み上げ時に若干の変動が生ずる)、スティックとサンドペーパーとの内部摩擦角 28.1°, 粘着力 24.4Pa, スティックとスティックとの内部摩擦角 29.2°, 粘着力 82.6Pa である。

6. 実験結果

6.1 得られた実験精度

図-3の右に示す力の多角形は、実験上は測定誤差が原因して完全に閉合しない。この差の作用荷重[Pa+P+ΣWi]に対する比(実験精度)は3%未満であった。

6.2 実験から求められた効果的なアンカー工の配置

平坦部最大荷重 P(117.6N)が作用した場合を例として示す(6.3以降も同様)。図-5はアンカー設置位置の違いに対する安全率の変化をアンカー導入角 0°を例に示したものである。安全率は式(1)より算定されている。この図より、アンカー工による安全率の向上には、アンカー工設置位置を斜面末端部側(スライス1側)にすると効果的であることがわかる。

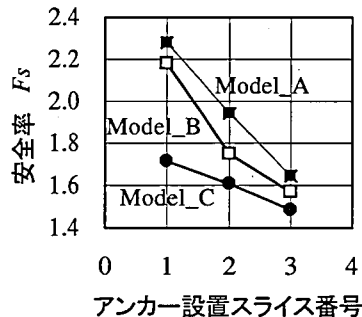


図-5 安全率変化(設置位置)

図-6は、アンカー力の導入角変化に対する安全率の変化を、Model-B を例に、アンカーの各設置位置毎に示したものである。この図より、アンカー工による安全率

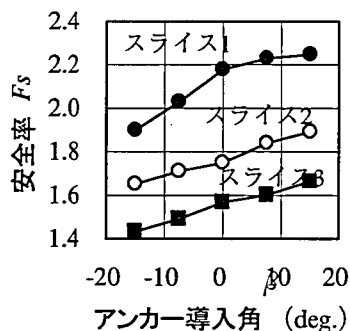


図-6 安全率変化(導入角)

の向上には、導入角 β が大きいと効果的であることがわかる。これらの結果は既往の解析的研究から得られた結果を実験的に立証するものとなった。

6.3 実験から得られたアンカー力導入による内力の変化

図-7は、Model-B のアンカー設置位置がスライス2の場合を例に、アンカー力導入による内力の変化を示したもので、3.で示した方法により算定した実験時の内力の大きさと作用角が示されている。この図から、アンカー力の導入によって、導入位置の上側で内力の大きさが大きくなり、作用角が小さくなる傾向を示すことがわかる。

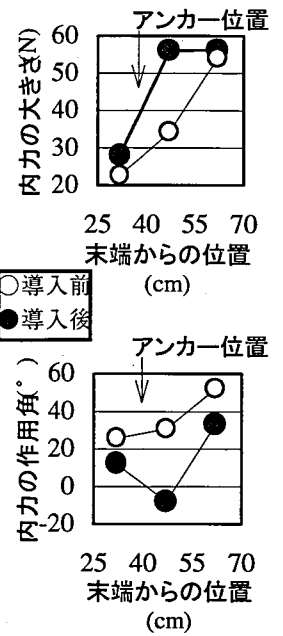


図-7 アンカー導入による内力の変化

6.4 安全率から見た各解析法の再現性

今回の実験結果による安全率と極限平衡法を基礎とする Fellenius 法、簡易 Janbu 法(S_Janbu)、Spencer 法、SS 法の各解析法から得られた安全率

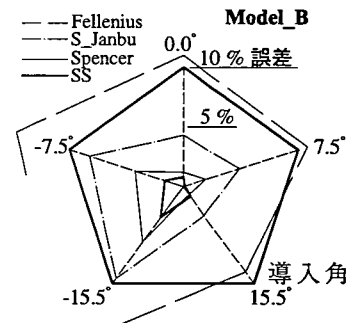


図-8 各解析法の精度

とを比較する。実験による式(1)の安全率は、前述のとおり、底面に極限平衡状態を想定する各種解析法の安全率とは基本概念が異なる。そこで、実験から得られた底面垂直力とせん断力の比(スティック粘着力は極めて小さく粘着力を0と考える)を各解析法の底面の土質強度定数(内部摩擦角)に与えて解析を行う。こうすると、各解析法における実験の再現性は、得られた安全率と安全率1との差(誤差)によって表現可能である。図-8はアンカー工がスライス2に設置されたときの Model-B の解析結果である。この図から Fellenius 法は10%を超える誤差が生じているが、Spencer 法、SS 法は5%未満の小さな誤差を示し、SS 法が最も精度が高い。また内力の変化傾向は SS 法によって把握されていることが確認された。

引用文献

- 近藤親慈, 林 拙郎, 川邊 洋(1998), 斜面安定に用いるアンカー工の配置に関する解析的研究, 砂防学会誌(新砂防), Vol.50, No.5, pp.12-20.
- 近藤親慈, 今田匡祐, 林 拙郎, 沼本晋也(2003), モデル斜面におけるすべり面せん断力の測定と内力, 平成15年度砂防学会研究発表会概要集, pp.210-211.