

(106) 斜面掘削における変位挙動の計測と斜面安定の評価

東京都開発本部 正会員 小 林 正 邦
 応用地質(株) 正会員 ○ 近 藤 達 敏
 応用地質(株) 正会員 進 士 正 人
 応用地質(株) 正会員 高 橋 政 一

1 はじめに

斜面掘削の設計・施工を行う場合、事前に原位置試験、室内試験などにより地盤の強度を推定し、極限平衡法を用いて斜面安定の検討を行う。しかし、地盤の強度の不均一性・不連続性、掘削に伴うリバウンド・クリープによる強度の変化などの理由により、地盤の強度を的確に評価することが困難な場合が多い。この問題を解決する一つの手法として、掘削中の斜面の変形挙動を計測し、計測結果に基づき逆解析を実施して斜面の安定性を評価する手法が提案されている(桜井¹⁾²⁾, Sakurai et al.³⁾)。本文においては、斜面掘削中に、実際に計測した変位を用いて逆解析を適時実施し、掘削斜面の安定性を評価した例を紹介する。

2 地質概要

掘削斜面は、図-1に示したように、上位より関東ローム層、砂礫層、固結シルト層より構成される。関東ローム層は、新期ローム層(Lm1)と古期ローム層(Lm2)に区分される。砂礫層は、風化礫を主として含む上層(Gsu)と、密に締った下層(Gsl)に分けられる。上層と下層間には、層厚約2mの砂質シルト層(Gc)が挟まれる。固結シルト層(Km)は、当地の基盤であるが、上位の砂礫層との境界には風化した部分も見られる。地下水位は、ローム、砂礫、固結シルト層内にある。図-2には、各層の地盤定数を示した。

3 掘削および計測概要

掘削斜面は、高さ34

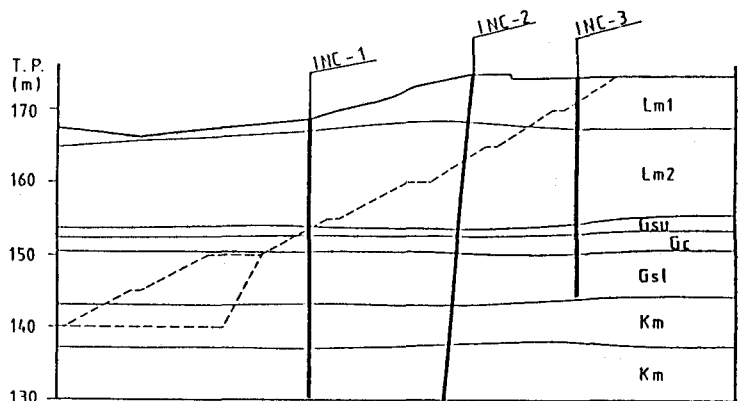


図-1 掘削斜面および傾斜計設置位置

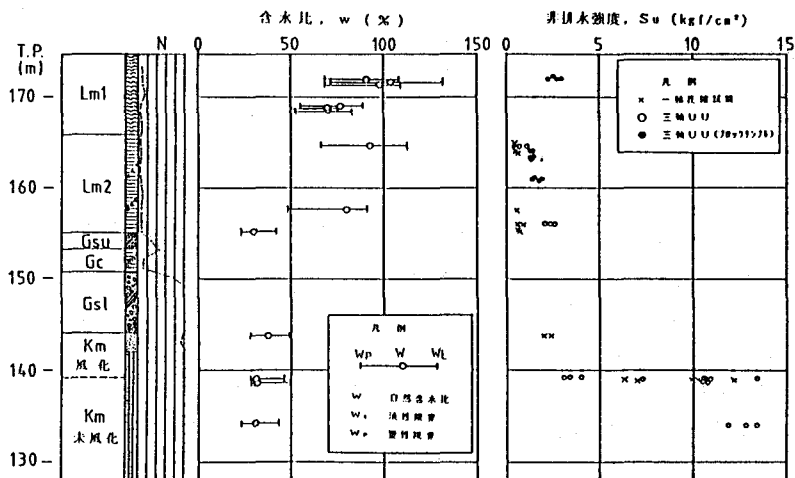


図-2 地盤定数

m、幅180mの規模を持ち、図-1に示したように、関東ローム層、砂礫層、固結シルト層上部の風化部を切る。斜面は7段より構成され、上3段は1割5分、そして下4段は1割8分の勾配を持つ。斜面完成後、斜面中心部において幅約40mにわたり、法先より勾配5分、高さ10mの法が一時的に切り取られ、その後、埋戻される。掘削開始後約3ヶ月で、T.P. 155mまでの掘削が終了している。

掘削中の計測は、主に次の2項目について実施した。(1) 孔内傾斜計による斜面内変位、(2) ビエゾメーターによる斜面内間ゲキ水圧。傾斜計のケーシングとビエゾメーターは掘削前に設置した。傾斜計ケーシングの設置位置と深度は図-1に示した。傾斜計INC-2のケーシングは、鉛直方向に対して5°傾斜させ設置している。

4 測定結果

掘削時の斜面内変位の測定例として、逆解析に用いた傾斜計INC-2での測定結果を図-3に示した。図には、T.P. 160mまでの1段階掘削と、T.P. 155mまでの2段階掘削が終了したときの変位を示している。水平方向の変位量は小さく、関東ローム層内においても、1段階掘削時に3mm、2段階掘削時に5mm程度であった。

5 解析

計測変位に基づく逆解析法を用いて、掘削斜面の安定評価を試みた。逆解析法について桜井^{1), 2)}, Sakurai et al.³⁾に詳しいが、この手法では材料の異方性を表わすパラメーター $m = G/E$ を

導入でき(等方性材料の場合は $m = 1/2(1 + \nu)$ である。ここでは ν はポアソン比)、また、測定変位と算定変位の最適化を計り、地盤の変形係数を逆算できる。使用した有限要素法によるプログラムはBAPSS (Back Analysis Program for Slope Stability) である(Sakurai et al.³⁾, Kondoh et al.⁴⁾)。

逆解析の入力データとしては、地盤の変形係数Eの比が必要となる。図-4は、各種室内試験と原位置試験で得られた変形係数をプロットしたものである。関東ローム層と固結シルト層は、一軸圧縮試験と三軸U

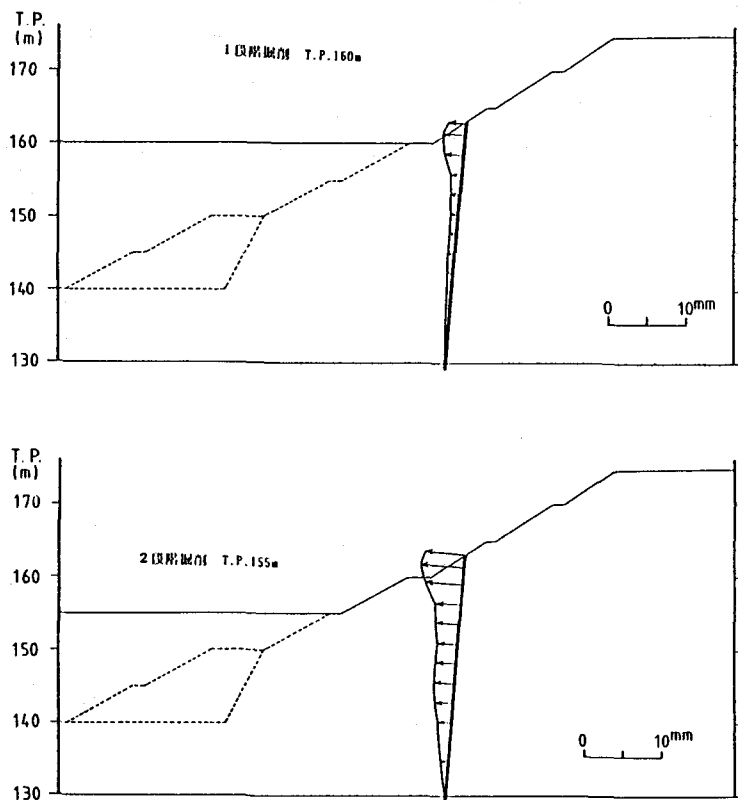


図-3 計測結果(傾斜計 INC-2)

U試験結果をもとにして、砂礫層と固結シルト層は、プレシャーマーター試験とボアホールジャッキ試験結果をもとに、変形係数の比率を次のように設定した。 $Lm : Gsu, Gc : GsL : Km$ 風化 : Km 未風化 = 1 : 2.5, 2.5 : 7.5 : 5 : 20。その他、ポアソン比 ν と単位体積重量 γ_t の仮定した値は、図-5に示した。

逆解析は、図-3に示した、1段階掘削と2段階掘削に対して実施した。解析結果を図-5に示す。ここでは計測変位と算定変位を比較しているが、両者は固結シルト層を除いて、よい一致を示していると言える。

1段階掘削と2段階掘削では、同一の m を用いている。各層で設定した値を図-5に示した。

未風化部固結シルトの、各掘削段階に対応する変形係数としては、次の値が得られた。

- 1段階掘削：
13500 kgf/cm²
- 2段階掘削：
5800 kgf/cm²

各層の変形係数は、前に設定した比率をもとに算定できる。結果は、図-5に示した。

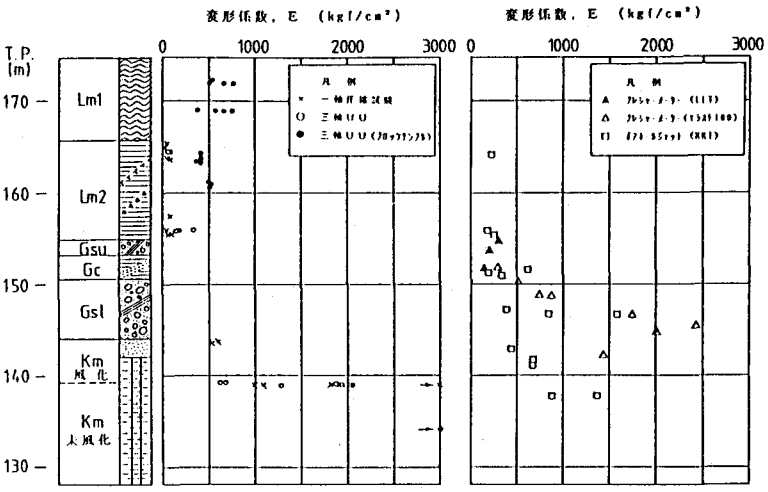


図-4 変形係数の深度方向分布

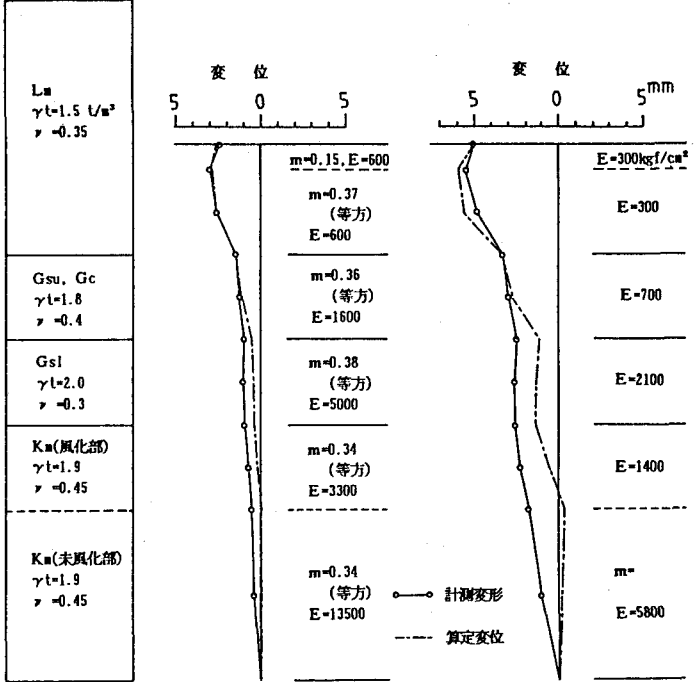


図-5 測定変位と算定変位の比較

掘削斜面の安定度は、逆解析より得られた変形係数をもとに算定した斜面およびその近傍で生じたひずみと(図-6)、限界ひずみを比較することにより評価した。桜井⁵⁾は、一軸圧縮強度 q_u と限界ひずみとの関係を示しており、これによれば、ローム層 $q_u \approx 1 \sim 3 \text{ kgf/cm}^2$ の限界ひずみは1~数%となる。1段階と2段階掘削における最大主ひずみは、それぞれ0.25%と0.53%となり、限界ひずみより小さく、斜面は安定であると判定できる。

6 あとがき

斜面掘削時に計測した変位を用いた逆解析手法

による、地盤の変形定数の逆算と斜面の安定度を評価した例を紹介した。

この手法は、地盤の強度特性、または変形特性を、通常の室内試験、原位置試験等で求めることが困難な土および軟岩等では、有効な手法になるものと考えられる。

7 参考文献

- 1) Sakurai, S.(1986a), "Back Analysis of Slope," Proc. Annual Meeting 1986, Kansai Branch for J.S.C.E., III-21.
- 2) Sakurai, S.(1986b), "Mechanical Conditions on Slope Stability," 1st Seminar on System Engineering of Rock, Seminar Text, May 1986.
- 3) Sakurai, S., Deeswasmongkol, N. and Shinji, M.(1986), "Back Analysis for Determining Material Characteris in Cut Slopes," Proc. Int. Sympo. on Eng. in Complex Rock Formation, Beijing, pp. 770 ~776.
- 4) Kondoh, T. and Shinji, M.(1986), "Back Analysis of Assessing for Slope Stability Based on Displacement Measurement," Proc. Int. Sympo. on Eng. in Complex Rock Formations, Beijing, pp.809~815.
- 5) Sakurai, S.(1981), "Direct Strain Evaluation Technique in Construction of underground Opening," Proc. 22nd U.S. Sympo. Rock Mech., MIT, pp.278~282.

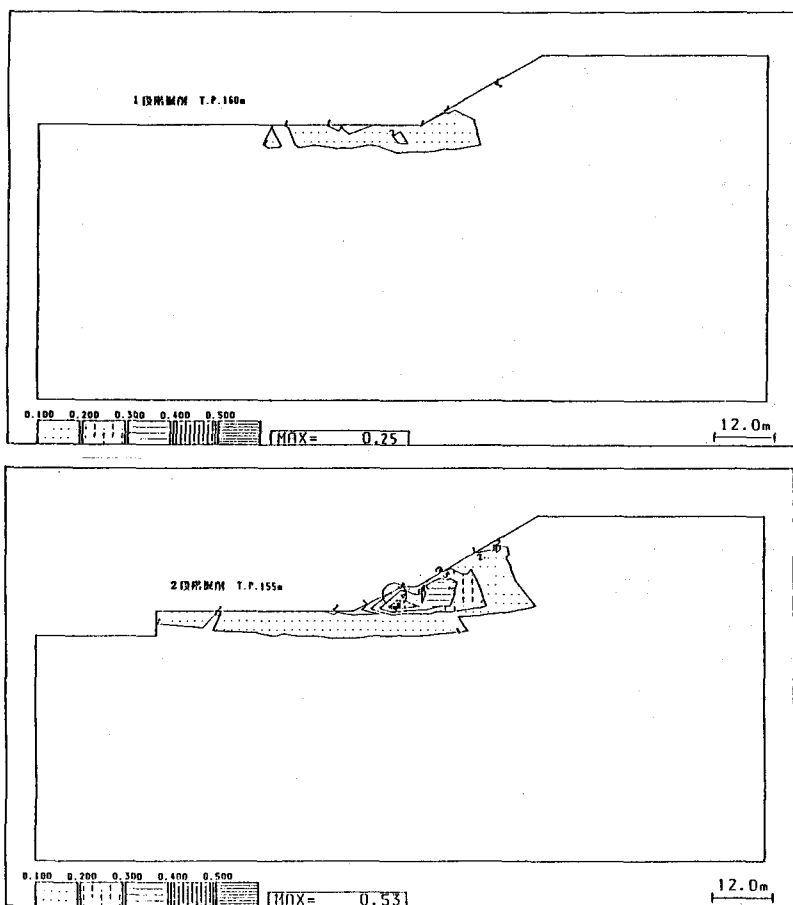


図-6 主ひずみコンター図

(106) DISPLACEMENT MEASUREMENTS AND ASSESSMENT OF STABILITY
IN A CUT SLOPE

Masakuni KOBAYASHI*
Tatsutoshi KONDOH**
Masato SHINJI**
Masakazu TAKAHASHI**

ABSTRACT

Stability of cut slope is usually assessed by the limit equilibrium method using strength parameters which may be obtained from laboratory or in-situ tests. However, it is difficult or impossible to estimate strength parameters of some soils or weak rocks from laboratory or in-situ tests due to non-homogeneity and discontinuity of these materials, changeses of strength after excavation and so on.

As one of the solutions to the problem the Back Analysis method is proposed by Sakurai(1986a,b) and Sakurai et al.(1986) in which measured displacements during excavation are used to identify material properties and to evaluate stability of slope.

In this paper the field measurement of displacements during an excavation is described and an example of the application of the Back Analysis technique using the measured displacements is given for determining deformation moduli of the ground and for evaluating the slope stability.

* The Tokyo Metropolitan Government
** Oyo Corporation