

(III-115) 限界高さとひずみ軟化の影響

東海大学大学院 学生員 ○ 杉山 剛夫
(株) オオバ 正会員 山田 道男
東海大学 正会員 杉山 太宏・赤石 勝

1. まえがき

斜面の安定は、仮定すべり面上のせん断強さとせん断応力の比で定義される安全率の大小で評価されている。斜面全体の安全率が1以上であっても、分割法で求める各分割片毎の局所安全率は1以下の所があり、せん断強さを上回るせん断応力が存在することになる。著しいひずみ軟化挙動を示す土では、せん断強さは低下して局所安全率は更に低下していると考えられる。この報告は、ひずみ軟化挙動を考慮した弾塑性有限要素解析によって斜面の進行性破壊現象と斜面の安全率について検討したものである。

2. 限界高さと安全率

鉛直掘削斜面の限界高さ H_c は、Rankine の主働土圧公式から主働土圧 $P_a=0$ として誘導される¹⁾。

$$H_c = \frac{4c}{\rho} \tan(45^\circ + \phi/2) - \frac{2\omega}{\rho} \quad (1)$$

式(1)の $\rho=16 \text{ kN/m}^3$, $c=81.62 \text{ kPa}$, $\phi=0$, 上載圧力 $\omega=83.24 \text{ kPa}$ とすれば, $H_c \approx 10 \text{ m}$ となる。水平面と 60° の直線すべり面を仮定し, 分割法によってすべり面上の局所安全率の深度分布を示したのが Fig.1 である。すべり面全体の平均安全率は 1.15 であるが, 掘削斜面下部の局所安全率は1以下である。残留強度がピーク強度の6割まで減少する土の場合, その影響を掘削斜面下部の局所安全率が1以下の部分に適用すると全体安全率は 1.02 まで減少する。掘削斜面下部の4割減少したせん断応力は掘削斜面上部の局所安全率1以上のすべり面に分担されると考えられる。しかし分割法ではその影響を考慮できない。

3. 有限要素解析結果と考察

Fig.2 に示した要素図の左側 $10\text{m} \times 5\text{m}$ の要素を 1m ずつ 10 段階で掘削し, 掘削後形成される鉛直面背後のすべり面上のせん断応力について検討する。計算に用いた土質定数は, Fig.2 中に示した。仮定すべり面の傾角や掘削深度などの条件は Fig.1 の場合と同じである。修正 Cam Clay モデルを用いているが, 過圧密ローム地盤を想定しているので, 掘削に伴う地盤内応力が降伏面に到達するまでは弾性解析である。Fig.3 に示した掘

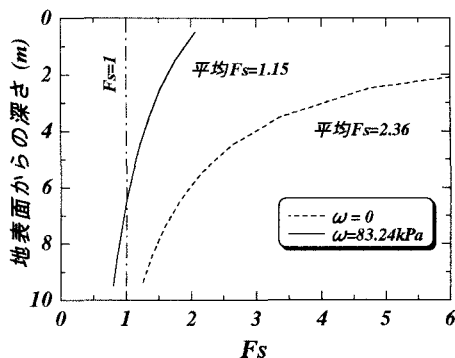


Fig.1 安全率の深度分布図

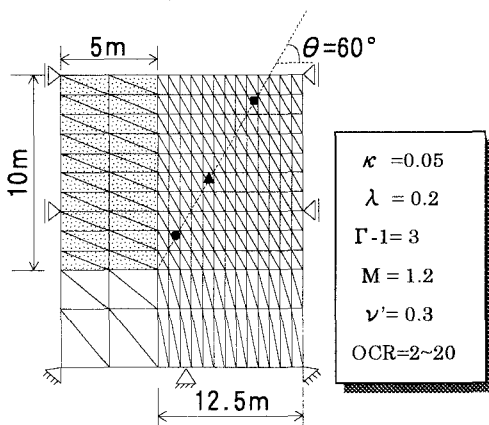


Fig.2 FE 解析に用いた

メッシュ図と土質定数

キーワード: 斜面安定 安全率 せん断強さ 有限要素法

連絡先 東海大学土木工学科 〒259-1207 平塚市北金目 1117 Tel 0463(58)1211

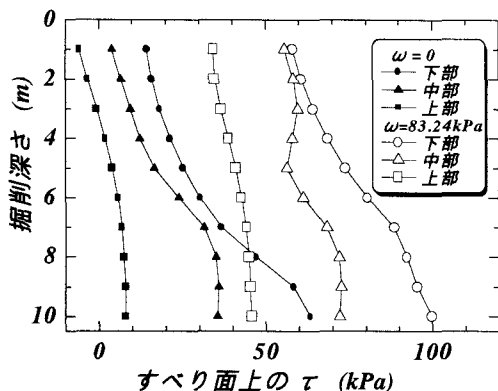


Fig.3 掘削中の τ の変化

掘削過程のすべり面上の代表的深度における τ の変化は、掘削とともに掘削底面に近いすべり面上の τ ほど大きくなっている。掘削終了時のすべり面上 τ の深度分布図 Fig.4 において、各深度の τ は、分割法によって計算した τ とほぼ一致している。

掘削終了後仮定すべり面上の節点に強制変位を与え、すべり面方向のせん断応力分布の変化を調べたのが Fig.5 である。掘削底面に近いすべり面上の τ は、強制変位によって減少するが、地表面近くの τ は逆に増加している。Fig.6 は掘削過程からの強制変位を与えるまでの有効応力経路である。Fig.6 によれば、10m 鉛直掘削終了時の有効応力経路は上載圧力があっても降伏面に到達していないが、強制変位によって掘削底面付近は、降伏面に到達し、その後軟化している。そのため地表面近くの τ が増加したものと考えられる。FE 解析によってひずみ軟化に伴う斜面の進行性破壊を評価しうる可能性を示すものと思われる。

4. むすび

Britto らの作成した FE 解析プログラム (名称 CRISP) を利用して鉛直掘削斜面の安定性を検討した。掘削深度の増加によってひずみ軟化の発生を期待したが計算結果に不具合が生じた。Cam Clay モデルのひずみ軟化挙動の検討と同時に軟化挙動の FE 解析法にも再検討の必要がある。

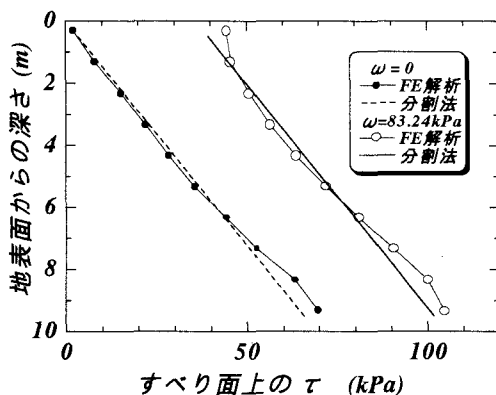


Fig.4 10m 掘削直後の τ の深度分布図

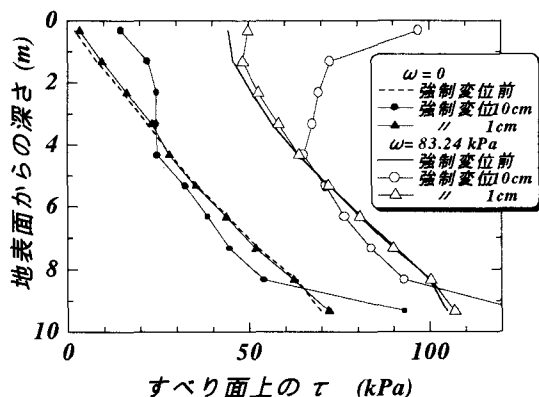


Fig.5 強制変位を与えた後の τ の深度分布図

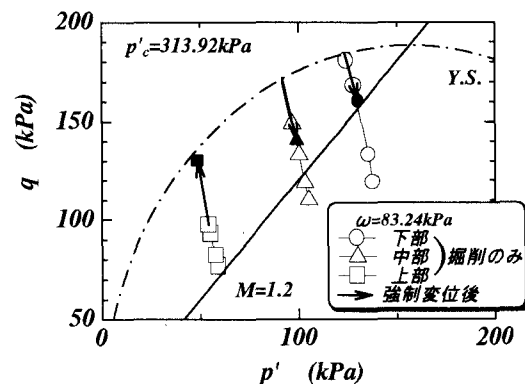


Fig.6 有効応力経路