

一般化された極限平衡法の支持力・斜面安定・土圧問題への適用

愛媛大学工学部 (正) 榎 明潔・八木 則男・矢田部 龍一

愛媛大学工学部 (学) 久保 光明・(株) きんでん (正) 塩間 学

1. まえがき

著者等はスライス法を、次の点に関して一般化した“一般化された極限平衡法(GLEM)”を提案している¹⁾。①四角形・三角形のブロックを扱う、②非円弧のすべり面も扱う、③ブロックの底面とともに側面でも安全率を定義してその存在範囲を決める、④支持力・斜面安定・土圧問題を同一の定式化で扱う。提案法の定式化には、ブロックシステム全体での力のつり合いによるものと、上界法と同様に速度場と消散エネルギーによるものの二方法がある。また提案法は、ブロック底面の安全率と側面の安全率を等しくしたときにはすべり線法の近似解を与え、最適化により得られた解は上界解となることも既に証明している²⁾。

そこで本報告では、実際に提案法を各種安定問題に適用し、最適化により得られた解と他の方法による理論解との比較例を紹介する。

2. 支持力・斜面安定・土圧問題の関係

図-1はSokolovskyが紹介した塑性問題に対するFristianovizのモデルである。このモデルの極限平衡状態から、支持力・斜面安定・土圧問題の関係を説明することができる。図中の荷重 W_L を土の自重、摩擦抵抗 S を土のせん断強度、 W_R を求めるべき力(支持力または土圧力)と考えると、支持力問題と受働土圧問題は、最大の荷重 W_{Rmax} を求めることである($W_{Rmax} = W_L + S$)。同様に主働土圧問題は、載せることのできる最小の荷重 W_{Rmin} を求めることであり($W_{Rmin} = W_L - S$)、斜面安定問題で求める安全率 F_S は、せん断強度と実際に生じているせん断力の比であり($F_S = S / |W_R - W_L|$)、換言すれば、せん断強度 S を低減して S/F_S とし、ちょうど極限平衡が破れるときの F_S を求めることになる。

提案法では以上の関係を用いることにより、同一の定式化で支持力・斜面安定・土圧問題を取り扱っている。

3. 支持力問題における適用例

図-2は自由水面の位置と支持力の関係を、縦軸に支持力 $N\gamma (=2Q/\gamma B; c, q$ がともに0である場合)と、横軸に DW/B (地表面と水面の距離 DW と基礎幅 B との比)を取り示した。当然、水面の位置がすべり面より下にくれば支持力は一定となる。従来は水面とすべり面の最深点までの距離から γ' と γ を用いた平均の γ を考えることにより支持力を算定していたが、この方法は支持力を過小評価していたことが分かる。

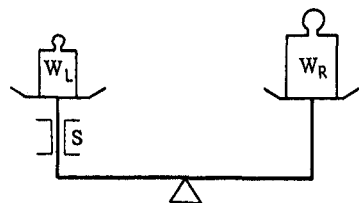


図-1 Fristianovizモデル

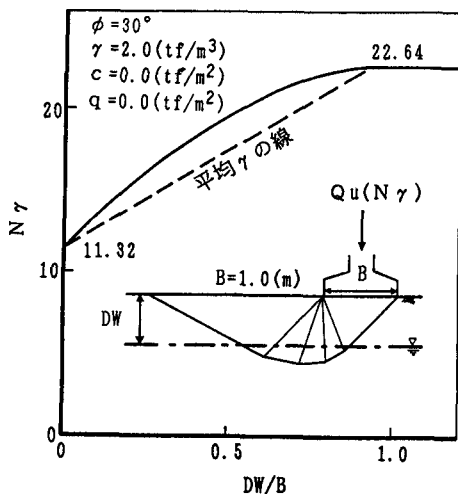


図-2 自由水面の位置と支持力の関係

4. 斜面安定問題における適用例

斜面問題を扱うに当たって、提案法ではブロック間面での安全率 F_{SI} の定義を変えることにより、ブロック間面の持つ意味について検討を加えている。すなわち F_{SI} を主すべり面の安全率 F_{SB} と等しいとしたとき (F_{Smed}) にはブロック間面でのエネルギー消散を考慮したことになり、 $F_{SI} = \infty$ としたとき (F_{Smin}) にはブロック間面でのエネルギー消散を考慮しなかったことになる。ここで F_{Smed} は上界解であるため、同一のブロック (またはスライス) システムに対し F_{Smed} を上回る安全率を得る他の解析法は棄却されるべきである。また従来の解析法では、ブロック間面は鉛直としていたが、ここでは主すべり面は固定したままで、ブロック間面の角度を変えて安全率を最小化した。このときの安全率と、それに対応したブロック形状を図-3に示す。最小化した安全率は鉛直にとったブロック間面のものより約0.2低下した。このことは従来のブロック間面の取り方に問題があることを示している。

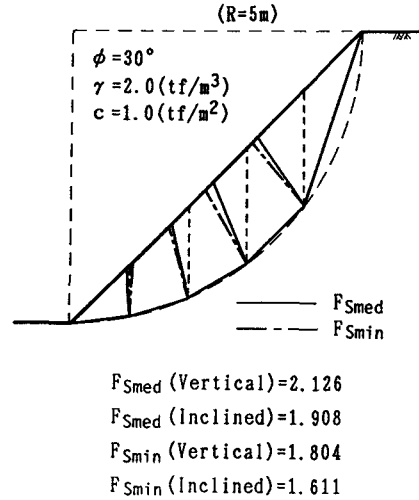


図-3 斜面安定解析例

5. 土圧問題における適用例

図-4はブロックの分割数を変化させたときの、受働土圧 P_p (壁面が粗い場合) の変化を示したものである。この場合も支持力問題同様ブロック形状を変化させて土圧力の最小化を行っている。当然ではあるが、ブロック数1の場合はCoulombの受働土圧に一致する。またブロック数が増加するに伴い、Sokolovskyのすべり線場から得られた理論解³⁾に近づくという結果が得られた。

6. あとがき

本報告では提案法の支持力・斜面安定・土圧問題への適用例を示すことで、この手法の有効性を示した。以上の解析に用いたプログラムは最小化ルーチンを含めて1000行程度と短く、パソコン (NEC・PC-9801UV) においても数分の計算しか要さない。

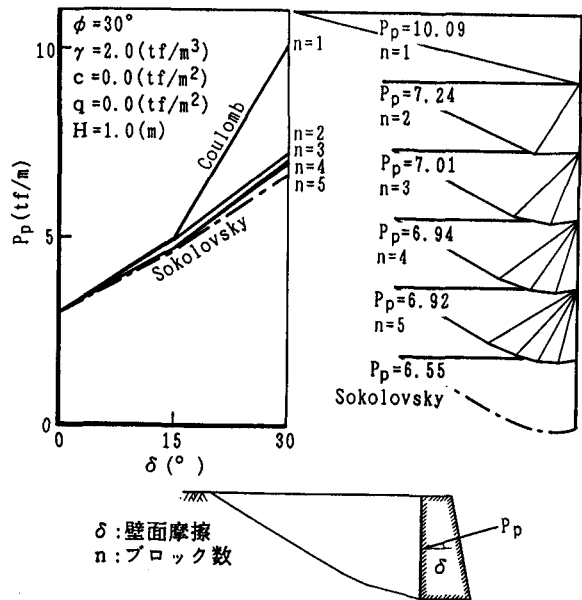


図-4 壁面摩擦と受働土圧の関係

参考文献

- 1) Enoki et al.: Generalized Limit Equilibrium Method and Its Relation with Slip Line Method, S&F, Vol. 31, No. 2, pp. 1~18, 1991.
- 2) 榎・八木・矢田部: 極限平衡法と上界法・下解法、第25回土質工学研究発表会発表講演集、pp. 61~62.
- 3) Sokolovsky (著)、星埜和・佐藤健吉 (訳): 土のような粒状体の力学、オーム社、1964.