

Ⅲ - 405

3次元岩石ブロックの幾何学的な回転性の考慮について

(財)電力中央研究所 正会員 池川洋二郎

1. はじめに

硬質な不連続性岩盤の挙動は、節理などの不連続面により形成されるネットワークにより、岩盤の崩壊や水の浸透が大きく支配されていることは周知である。前回、岩石ブロックの幾何学的移動性¹⁾について一般的に紹介を行った。ここではこれまで考慮されていなかった3次元岩石ブロックの回転性について考える。

一連の幾何学的移動性に関する紹介は、岩盤の不連続面幾何学的構造をコンピュータ処理²⁾する過程において、数値解析シミュレーションの前に対する簡易な手法として位置付けている。斜面の安定性を考えると円弧すべりによる簡易法に相当すると考える。

2. 回転性の考慮

図1のように3次元座標系において、接触するブロックBに対するA上の接触点の接触点速度ベクトルを(1)式で記述される相対速度と定義する。

$$\vec{v}^{AB} = \vec{\omega}^A \times \vec{r}^A + \vec{v}^A - \vec{\omega}^B \times \vec{r}^B - \vec{v}^B \quad (1)$$

ここで $\vec{v}$, $\vec{\omega}$ は直線速度と回転速度ベクトル、 $\vec{r} = \vec{a} - \vec{c}$, $\vec{a}$, $\vec{c}$ はブロック面上と回転軸上の位置ベクトル、 $\times$ は外積の演算子である。さらに、ブロックAの回転のみを考え $\vec{v}^A = \vec{v}^B = \vec{\omega}^B = \vec{0}$ のとき、

$$\vec{v}^{AB} = \vec{\omega}^A \times \vec{r}^A \quad (2)$$

となる。この接触点に注目した場合、(3)式を満たし接触点速度ベクトルがブロックB内に向かわないとき、移動可能と判定できる。さらにブロックが点でなく面で接触する場合は、面上のすべての点において(3)式が満たされることを判定すればよい。

$$\hat{n}^A \cdot (\vec{\omega}^A \times \vec{r}^A) \leq 0 \quad (3)$$

ここで $\hat{n}^A$ は a^A における外向きの単位法線ベクトルである。(3)式を行列式で表すと

$$\begin{vmatrix} n_x^A & n_y^A & n_z^A \\ \omega_x^A & \omega_y^A & \omega_z^A \\ r_x^A & r_y^A & r_z^A \end{vmatrix} \leq 0 \quad (4)$$

次ぎに定式を簡単にするため(5)式を満たすローカル座標を考えると、

$$\vec{c}^A = (0, 0, 0), \hat{n}^A = (0, 0, -1), \hat{\omega}^A = (0, \omega_y^A, \omega_z^A) \quad (5)$$

(4)式は(6)式で表される。

$$\omega_y^A \alpha_x^A \leq 0 \quad (6)$$

ここでグローバル座標からローカル座標への変換はhomogeneous座標系を用いると、(7)式で記述される。

$$\begin{bmatrix} x' \\ y' \\ z' \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \hat{i} & -c_x^A \\ \hat{\omega}^A & -c_y^A \\ \hat{i} \times \hat{\omega}^A & -c_z^A \\ \vec{0} & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \\ 1 \end{bmatrix} \quad (7)$$

ここで、 $\hat{i} = \frac{\vec{n}^A \times \vec{\omega}^A}{|\vec{n}^A \times \vec{\omega}^A|}$ 。

3. おわりに

以上では3次元ブロックの回転性において接触面の幾何学形状からの制約を考慮した。特にローカル座標系を用いることによって、回転性の判定を簡単に記述できることを示した。今後、硬質な不連続性岩盤の簡易な安定解析のコンピュータ処理の中で利用を図りたい。

参考文献

- 1) 池川：岩石ブロックの幾何的移動性について、第49回土木学会年次学術講演会概要集、1994
- 2) 池川：岩盤不連続面構造の立体幾何形状のコンピュータ処理に用いるダイレクテッド・ボディについて、土木学会論文集 No.505/III-29, pp.31-38, 1994.12

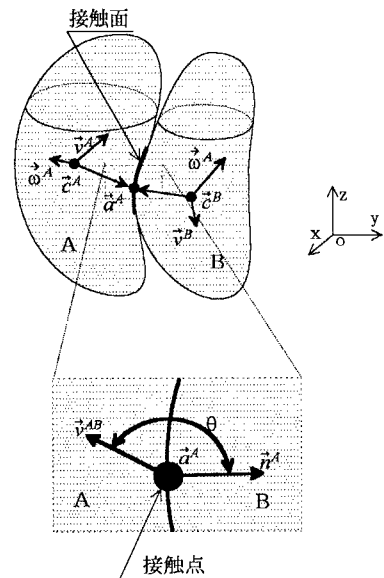


図1 接触点速度ベクトルと幾何学的移動性の判定