

III-295

キーブロック法の実用性に関する検討

東京電力(株) 正員 西脇芳文
同 上 ○正員 井上直洋
東電設計(株) 正員 菊地宏吉

1. はじめに

斜面、トンネル及び地下空洞の安定性を評価する手法として、これらを連続体と仮定して取扱う有限要素法等が広く用いられている。しかしながら岩盤中には、破碎帯、シーム、ジョイント等の不連続面が存在し、これらがその挙動・安定性に重要な影響を与えるものであると考えられるようになってきた。

特に、掘削壁面に存在するこのような不連続面から形成される岩塊の剥離・崩落の可能性を解析する手法として、Goodman, Shi ら¹⁾(1981) は、キーブロック理論を発表した。著者らは、これらの理論を実際の岩盤掘削工事へ適用するため、掘削壁面に現れる割れ目のスケッチ図からキーブロックを探索し、その物理的な大きさを特定し、内部摩擦角および粘着力を考慮した安全率を算定する手法について提案する。また、これらを用いて実際の岩盤掘削壁面データに対し、その適用性について若干の検討を行ったのでその概要を報告する。

2. 壁面スケッチ図におけるキーブロックの特定

当初、Goodman, Shi ら²⁾(1981) が発表したキーブロック理論は、露頭の割れ目スケッチからシュミットネットなどを用い、代表的な割れ目の走向・傾斜の組合せによるキーブロックの可能性を見つけ出すものであった。これは、割れ目の統計的な分布から代表的なキーブロックの出現性を解析する数学的なモデルの検討で、現実に対応する特定のものを対象としたものではない。

ここでは、掘削壁面に現れる特定のブロックの支保力を算定するため、Chan および Goodman³⁾(1983) が提案している方向図(directed graphs)法によりブロックの特定を行った。図-1 に壁面スケッチ図例を示す。図-2 は、図-1 から、割れ目の卓越方向を4群にモデル化し、各割れ目の始点と終点の座標およびブロックコードを入力し、これらから方向図法により有限ブロックの探索を行った例である。図-2 から、矢線が右向きに閉じている

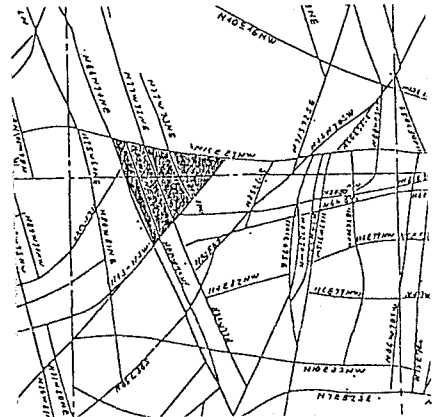


図-1 壁面スケッチ例

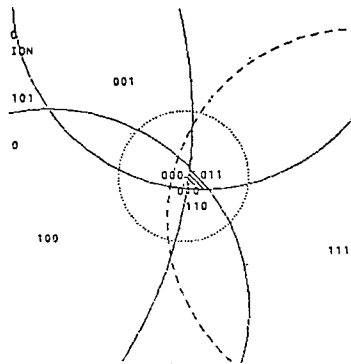


図-3 ブロック判定図

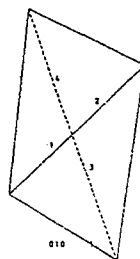


図-4 ブロック図

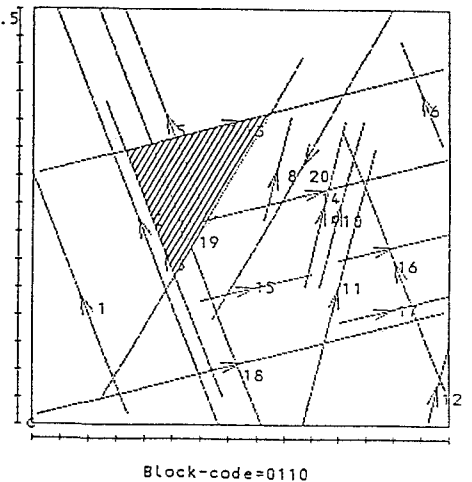


図-2 方向図(directed graphs)例

特定のブロックに対し、割れ目番号を入力して図-3に示すステレオ投影を用いてキーブロックの判定を行い、図-4のブロック図を描かせる手法を用いた。

3. 安全率の算定

壁面の有限ブロックがキーブロックと特定された場合、その安全率を算定し、適切な対策を構じる必要がある。これまでの研究³⁾では、滑り面の抵抗せん断力に内部摩擦角 ϕ のみが寄与すると仮定し、安全率が導かれている。しかし、実際の岩盤では、割れ目中に粘土などの挟在物が含まれている場合が多く、著者らは粘着力 c も考慮した安全率を検討した。キーブロックの抜けるモードとして次の3種類について考える。①、②については既に提案されている³⁾。本報告では特に③について述べる。

$$\textcircled{1} \text{ そのまま抜ける。 } F_s = 0 \quad \dots\dots\dots (1)$$

$$\textcircled{2} \text{ ある面に沿って抜ける。 (ある面 } A) \quad \dots\dots\dots (2)$$

$$F_s = CA + |Rn| \tan \phi / |Rs| \quad \dots\dots\dots (2)$$

$$\textcircled{3} \text{ ある面とある面の交線に沿って抜ける。 (図-5) } \quad \dots\dots\dots (3)$$

$$\textcircled{3}-1) \text{ 単純な重ね合わせをした場合 } \quad \dots\dots\dots (3)$$

$$F_s = (C_1 A_1 + C_2 A_2 + R_1 \tan \phi_1 + R_2 \tan \phi_2) / R_3 \quad \dots\dots\dots (3)$$

$$\textcircled{3}-2) \text{ それぞれの滑り面の面積を重みとした場合 } \quad \dots\dots\dots (4)$$

$$F_s = \frac{(A_1 A_2 (R_1 C_1 + R_2 C_2) + A_2 R_1^2 \tan \phi_1 + A_2 R_2^2 \tan \phi)}{R_3 (A_2 R_1 + A_1 R_2)} \quad (4)$$

となり、 $C_1 = C_2 = 0$ の場合、(3)、(4) 式は(5)式で示せる。

$$F_s = (R_1 / R_3) \tan \phi_1 + (R_2 / R_3) \tan \phi_2 \quad \dots\dots\dots (5)$$

4. 実モデルへの適用及びまとめ

ここでは、式(3)と(4)を比較するため、図-6に示すトンネルの切羽スケッチ図から図-7の方向図・および図-8のキーブロック判定図により、図-9に示す形状のキーブロックを特定した。

$\phi = 0$ 、 $C = 5 \text{ tf/m}^2$ 、 $\gamma = 2.6 \text{ tf/m}^2$ とした場合、 F_s は、(3)式で4.763、(4)式で2.396となった。($C = 0$ で $F_s = 0$ である。)

以上から、滑り安全率に対する粘着力の影響は極めて支配的であり、今後この様な観点からも検証を進める必要がある。

5. 参考文献

- 1) G. H. Shi and R. E. Goodman, A New Concept for Support of Underground and Surface Excavation in Discontinuous Rocks Based on A Keystone Principle, 22nd U. S. Symposium on Rock Mechanics, 1981, pp.310~316
- 2) R. E. Goodman, G. H. Shi and W. Boyle, Calculation of Support for Hard Jointed Rock Using the Keyblock Principle, 22nd U. S. Symposium on Rock Mechanics, 1981, pp.883~898
- 3) L. Y. Chan and R. E. Goodman, Prediction of Support Requirements for Hard Rock Excavations Using Keyblock Theory and Joint Statistics, 24th U. S. Symposium on Rock Mechanics, 1983, pp.557~576

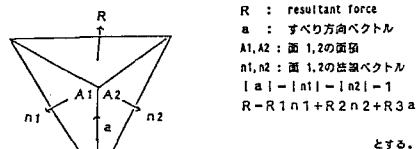


図-5 滑り面の力のベクトル

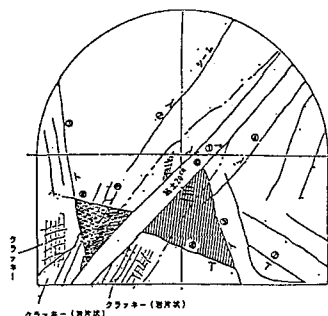


図-6 切羽スケッチ図

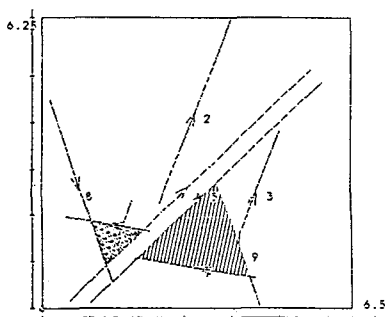


図-7 方向図

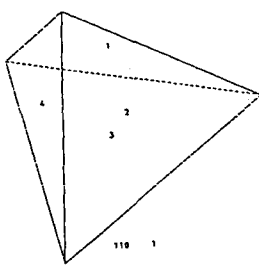


図-9 ブロック図

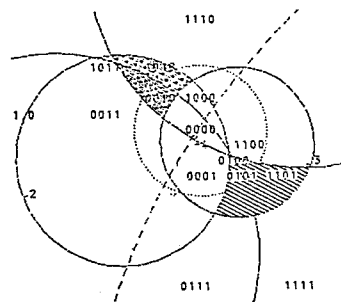


図-8 キーブロック判定図