

不連続面調査と変位計測結果を用いた岩盤斜面の安定評価について

山口大学大学院 学 ○深光 良介 学 松田 浩朗

山口大学工学部 正 清水 則一

1. はじめに

地下空洞建設や斜面掘削において、岩盤の安定性を評価することは、非常に重要である。岩盤には不連続面が多数存在し、それが岩盤の安定性に大きく影響を及ぼすため、不連続面での調査と、その結果に基づく岩盤の安定性評価法が必要となってくる。本研究では不連続面の調査結果を表示するステレオネットを利用し、さらに変位計測結果（3次元変位）と総合して斜面の安定性を評価する方法を検討する。研究の流れを図1に示す。

2. ステレオネットによる不連続面の調査結果の表示方法^{1), 2)}

不連続性岩盤の安定性を評価するに当たって、適切に地質資料を利用するべきである。本研究では、不連続面の調査結果（傾斜(dip)と傾斜方位(dip direction)）をステレオネット表示する（図2参照）。一般にこの作業は非常に時間を必要とし、調査数が増すにつれ、手作業では間違いを起こす可能性も増してくる。そのため、本研究ではステレオネット表示プログラム“DIPS(トロント大学開発)”を用いる。

3. 不連続面による岩盤斜面の破壊形態とその検討^{1), 2)}

岩盤斜面における主な破壊形態として、平面すべり破壊、トップリング破壊、くさび破壊の3つが挙げられる。ここでは、山口県秋芳鉱山の岩盤斜面の調査データを用いて、それぞれの破壊形態をステレオネット上で検討した。また斜面は傾斜45°、傾斜方位73°である。なお、不連続面の摩擦角 ϕ は30°と仮定する。調査データを、DIPSによってステレオネット表示すると、不連続面の極と斜面、また、不連続面の密度であるコンター図と卓越した不連続はそれぞれ図3及び図4のように表せる。

平面すべり破壊が生じる条件は、不連続面の傾斜角が、1)不連続面の摩擦角 ϕ より大きく、2)斜面の傾斜角よりは小さい、である。これをステレオネット上に図示すると、図5のようになり、領域1に含まれる極に対応する不連続面は、平面すべり破壊を起こす可能性がある。トップリング破壊が生じる条件は、1)不連続面が斜面下方に対し、摩擦角 ϕ より大きな角度をなして、2)走向が斜面の走向とほとんど平行（大体30°以内）となる、である。これをステレオネット上に図示すると、図6のようになり、領域1に含まれる極の不連続面はトップリング破壊を起こす可能性がある。くさび破壊が生じる条件は、不連続面の交線が、1)岩塊から自由空間に対して突き出していて、2)不連続面の摩擦角 ϕ より急角度で傾いている、である。これをステレオネット上に図示すると図7のようになり、卓越した不連続面の交点が、領域1に含まれるデータは、くさび破壊を起こす可能性がある。なお卓越した不連続面は、図4で図示したものである。以上の結果から、不連続面調査によって、平面すべり、トップリング破壊は生じる可能性もあるが、くさび破壊の可能性は少ないといえる。

4. 不連続面調査結果を利用した現場計測変位による斜面の安定性評価

岩盤の安定性評価のために、現場計測を取り入れることは不可欠である。そこで本研究では、上述したステレオネットに現場計測変位を加えて、その安定評価の方法論を3.で述べた3つの破壊形態に対して検討する。平面すべりについて、3.の条件に加え、「変位の方向が、ある不連続面の傾斜および傾斜角と一致すれば、その不連続面はすべっている可能性がある。」という条件を与える（図5参照）。この条件を満たす不連続面の極を絞り込んでいく（表1）。表1において、Ⅰ、Ⅱの欄で変位方向と一致する不連続面を、Ⅲの欄で摩擦角 ϕ より

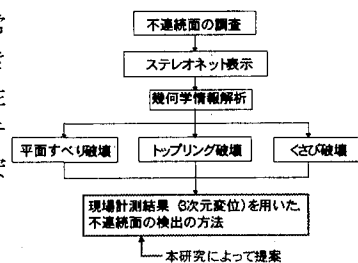


図1 フローチャート

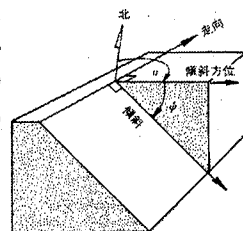


図2 地質用語の定義

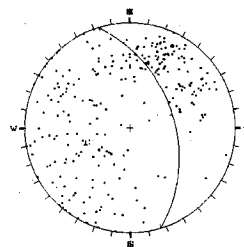


図3 不連続面の斜面と極

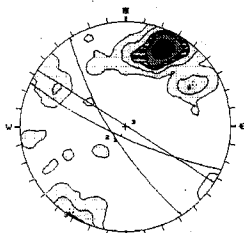


図4 コンター図と卓越した不連続面

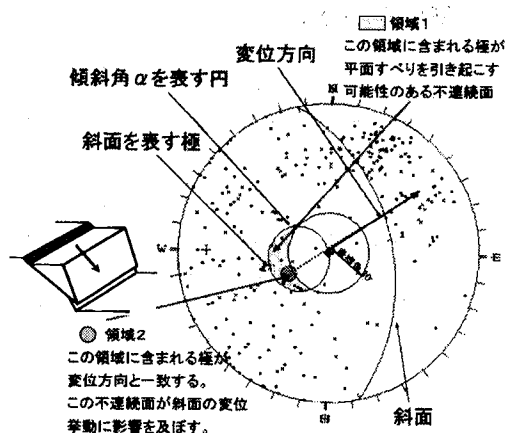


図5 平面すべり破壊のステレオネット表示

大きい傾斜をもつ不連続面を、Ⅳの欄で傾斜が斜面の傾斜より小さい不連続面をそれぞれ1と示している。トッピング破壊(図6参照)についても、変位方向の傾斜が斜面の傾斜よりも大きい場合、表2において、Ⅰの欄で斜面の走向とほぼ平行(30°以内)な不連続面を、Ⅱの欄で傾斜角が摩擦角 ϕ よりも大きい不連続面を、Ⅲの欄で変位方向と一致する不連続面をそれぞれ1と示している。くさび破壊については、卓越した不連続面の交点を検討する(図7、表3参照)。表3において、Ⅰの欄で、傾斜が摩擦角 ϕ よりも大きい不連続面を、Ⅱの欄で傾斜が斜面の傾斜よりも大きい不連続面を、Ⅲの欄で変位方向に交点がある不連続面を1と示している。それぞれの表の最右欄が1となっている不連続面が、それぞれの破壊を生じている可能性があることを示している。

5. まとめ

不連続性岩盤の安定性評価を行うに当たって、従来のステレオネット表示に加え、現場計測変位を取り入れることによって、破壊の原因となり得る不連続面の特定が可能となる。そのような結果は岩盤の支保、補強の設計に有用なデータとして活用できる。また、今回の現場変位計測では、変位方向のみを考えたが、今後は変位量、時間の経過に伴う変位挙動を取り入れた解析が必要である。

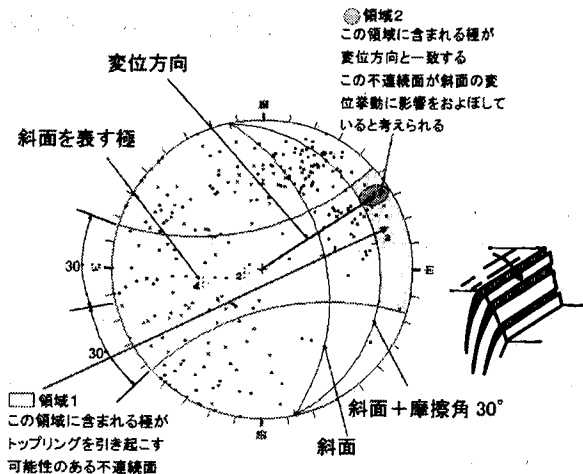


図6 トッピング破壊のステレオネット表示

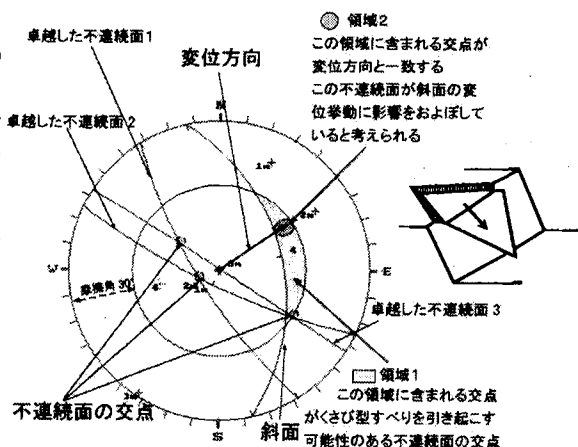


図7 くさび破壊のステレオネット表示

表1 平面すべり破壊を起こす可能性のある極

NO	DIP	DIP DIR	摩擦角	傾斜角	DIR 変位	DIP 変位	すべてを満たす
37	34	35	1	1	0	0	0
43	40	42	1	0	0	1	0
125	40	55	1	1	1	1	1

表2 トッピング破壊を起こす可能性のある極

NO	DIP	DIP DIR	平行	摩擦角	変位方向	すべてを満たす
33	84	246	1	1	0	0
40	74	240	1	1	1	1
132	75	242	1	1	0	0
152	78	240	1	1	1	1

表3 くさび破壊を起こす可能性のある極

卓越した不連続面	dip	dip dir	不連続面の交点	dip	dip dir
1	78	205	1	57	302
2	74	238	2	16	68
3	89	33	3	35	124

謝辞：不連続面の調査は東建ジオテックの北村晴夫氏、西川直志氏にご指導いただいた。ここに感謝の意を表する。
参考文献：1) フック・ブレイ、岩盤斜面工学、朝倉書店、1979。
2) Dips User's Guide, Toronto Univ., 1996。

NO	DIP	DIP DIR	摩擦角	斜面	変位方向	すべてを満たす
1	57	302	1	1	0	0
2	16	68	1	0	0	0
3	35	124	1	0	0	0