

(III-113) クラスタ分析による急斜面崩壊域の判定

神奈川県 都市部

正会員 ○遠藤 清亮

神奈川県 横須賀土木事務所

正会員 日比野 新一

神奈川県 土木部

正会員 田口 雅丈

1. はじめに

急斜面崩壊時の地山物性値を把握することは、防災施設設計等に必要であるにもかかわらず、実測は困難である。著者らはこの問題に対処するため、有限要素法により、急斜面の崩壊量と地山物性値との関係を、あるモデル地山に対して算出した[1]。ここで崩壊域の判定は、ある考察を行い要素図心の変位量で判別したが、一般の地山に適用する場合、作業量の増大、主観の混入がぬぐえないなどの問題があった。今回、この問題を解決するため、クラスタ分析を用いて機械的に判別し、前記の結果との比較を行った。

2. 計算手法概要

有限要素法による解析は既報[1]のとおりで、計算対象は図-1に示す高さ7m、角度63.4°(2:1勾配)、表層風化部1mの単純化した2層系地山で、地山物性値は表-1に示すとおりである。破壊基準は、Mohr-Coulomb破壊基準と引張破壊基準を採用し、有限要素法による2次元ひずみ弾塑性解析を表層のC、 ϕ を変えて40Case行っている。

今回、上記有限要素法による計算結果から崩壊域を判定するため、クラスタ分析を用いた。非類似度は式(1)に示す重み付標準化Euclid平方距離を、統合手法はWard法を採用し、変数として要素図心変位と局所安全係数を採用した。

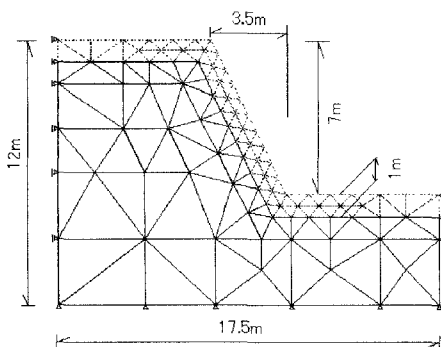


図-1 解析領域

表-1 地山物性値

	ヤング率 E[KPa]	ポアソン 比 ν	単位体積 重量 γ [N/cm ³]	粘着力 c[KPa]	内部摩擦 角 ϕ [deg]	引張強度 σ_T [KPa]
表層	1180~ 20400	0.46~ 0.35	0.016~ 0.017	0.98~ 9.8	0~30	0.49
基層	20400	0.35	0.017	255	20	9.8

$$d_{ij} = \sum_{k=1}^2 w_k (x_{ki} - x_{kj})^2 / s_k^2 \quad (1)$$

ここに d_{ij} ; 固体 ij 間の非類似度, w_k ; 重み, x_1 ; 要素図心変位

$$x_2 = \begin{cases} (-p \sin \phi + C \cos \phi) / \tau_m \cdots p < \sigma_T \\ (-p + \sigma_T) / \tau_m \cdots \sigma_T \leq p < \sigma_T \\ (\sigma_T - \tau_m - \sigma_{ST}) / (p - \sigma_{ST}) \cdots \sigma_T \leq p \end{cases} \quad (2)$$

$\sigma_{ST} = (\sigma_T - C \cos \phi) / (1 - \sin \phi)$, s_k ; 変数 x_k の標準偏差

局所安全係数は、せん断破壊と引張破壊を考慮し、式(2)を採用した。この式は、図-2に示すとおり $p < \sigma_T$ の領域では最大せん断応力である τ_m と降伏応力との比を、 $\sigma_T \leq p$ の領域では p からせん断降伏面と引張降伏面の交わる σ_{ST} までの距離と、引張降伏面から σ_{ST} との比を表している。重み w_k は試行の結果、クラスタ形成結果の妥当性から $w_1 = 1$, $w_2 = 0.5$ とし、標本は、前記有限要素解析結果のうち、表層の80要素を採用した。

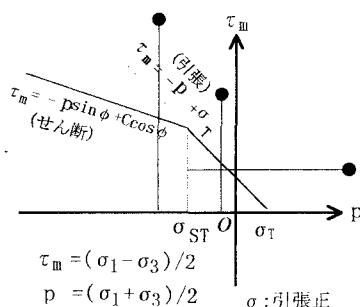


図-2 降伏面と局所安全係数

3. 計算結果と考察

計算結果の一例として、 $C=2.2\text{KPa}$, $\phi=15^\circ$ の場合について5.00mm以上の要素図心変位ベクトルを示せば

キーワード：斜面崩壊，局所安全係数，変位ベクトル，有限要素法

連絡先：〒231-8588 横浜市中区日本大通1 TEL 045-201-1111 Ex.6063 Fax 045-212-8347

図-3のとおりである。5.00mmは、塑性域の分布形状と崩壊形態の妥当性を考察し、決定した判定値である。一方、クラスター分析の結果をクラスター数2の場合について示せば、図-4のとおりで、崩壊域とみなせる2群の形状は、前記手法の結果と概ね一致しているが、法尻部では若干の相違が見られ、崩壊域の中に未崩壊域が混在している。

次に、クラスター分析の結果を、1群（未崩壊域）は変位を昇順に、2群（崩壊域）は降順に並べ替えて表示したものが図-5である。この図の右端から、4要素が図心変位の大小関係からみて、逆の群に分類さる、クロス判別が生じていることがみてとれ、前述の法尻部の崩壊形状に影響していると考えられる。したがって、変位を用いた崩壊判定が妥当であり、クロス判別が生じていない領域で最も変位が近づいている2要素（要素番号46と57）の図心変位の平均をとれば6.95mmとなった。これを新しい判定値とし、分類し直すと要素番号50、54が未崩壊、52、55が崩壊に入れ替わり、崩壊域の形状は妥当なものとなった。

同様な手法で、4 Caseを加えて計算し、崩壊面積の昇順に集計した結果を表-2に示す。ここでDistanceは、2クラスター形成時のクラスター内偏差平方和の増分（Ward法の定義）を表している。前述のCaseはNo.4に該当する。No.1は未崩壊で、クラスター分析では2群に判別されているが、判定値は0.37mmと小さく、Distanceも34.6と他のCaseに比して小さいため、未崩壊と判断できる。以下2～5Caseは崩壊量が増えるに従って、クロス判別要素が増加し、判定値も増加傾向にあるが、崩壊面積は判定値5.00mmの場合と比べて大きな誤差はないといえる。

4. まとめ

今回の計算から、有限要素法による計算結果をクラスター分析で分類することにより、機械的操作で崩壊域を判定できた。塑性域の分布形状と崩壊形態の妥当性から決定する方法と、機械的にクラスター分析で判定する方法とでは、法尻部を除いて大きな相違はなかった。法尻部ではクロス判別が発生すること、崩壊しないCaseでもクラスター分析の性質上、任意の群に判別してしまうこと、などが判明したが、非クロス領域での最近隣点の平均をとることで前者の問題は回避でき、判定値およびDistanceを考察することで後者の問題も回避できる。今後は風化厚、斜面の高さなどを変えて計算例を増やし、適用範囲を拡大していきたい。

参考文献

1) 日比野・中野・進藤・田口・加藤：急斜面崩壊時の地山物性値の予測，土木学会第25回関東支部技術研究発表会講演概要集，pp452-453，1998

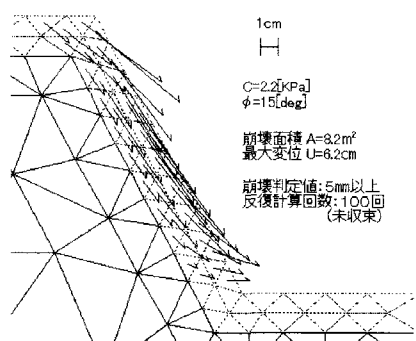


図-3 変位ベクトル

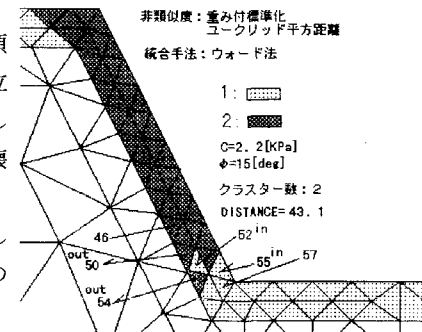


図-4 クラスター分析結果

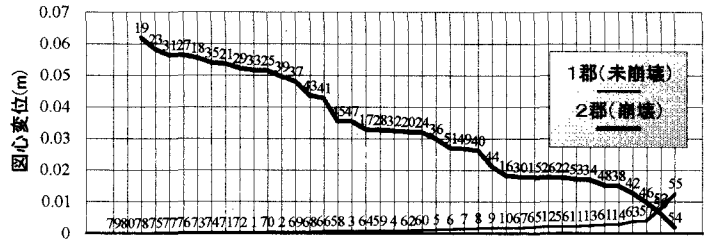


図-5 クラスター数2の図心変位

表-2 計算結果のまとめ

項目	No.	1	2	3	4	5
粘着力c [KPa]		9.2	5.5	2.0	2.2	1.2
内部摩擦角φ [deg]		22	21	20	15	1
判定値5mm	崩壊面積 [m²]	0	4.4	7.8	8.2	10.5
	崩壊面積 [m²]	9.1	4.6	7.5	8.0	9.6
クラスター分析による判定	判定値 [mm]	0.37	4.50	7.41	6.95	9.75
	Distance	34.6	55.4	44.9	43.1	61.0
	クロス判別要素数	0	0	4	4	6