

Ⅲ-A220

数値解析による長大法面掘削時の安定性評価

応用地質株式会社技術本部 正会員 森 誠一郎
 水資源開発公団試験研究所 正会員 双木 英人
 同上 阪元 恵一郎
 応用地質株式会社技術本部 正会員 本木 浩也

1. 概要

長大法面の合理的な設計、施工には法面安定性の事前評価が重要である。筆者らは、数値解析による安定性の事前評価の可能性を探るため、掘削によって「トップリング」、「すべり」、「はらみだし」の変状が生じた長大法面を対象に再現計算を実施した。その結果、地質情報を十分に反映した解析モデルを作成し、解析結果を適切な出力図で表現することにより法面の変形モードの再現、安定性評価を順解析でできる可能性があることがわかった。本論文ではそのうち「トップリング」、「はらみだし」の変状が生じた事例を個別要素法を用いて解析した結果について述べる。

2. 解析方法と解析条件

個別要素法解析にはUDE Cを使用した。解析モデルは調査結果に基づいて岩盤区分を行い、割れ目の方向、間隔はボーリング結果等を参考にして決めた。ただし、間隔については計算機の容量等の関係でC₁級岩盤で5mとし、岩級区分があがるごとに間隔を2倍とした。物性値に関しては試験結果を基に、従来使用されている岩盤区分と物性値との関係等を参考にして決めた。解析手順は、重力解析を行い、その後掘削解析を行った。以下の2つの法面について解析に使用した物性値と数値解析モデルを示す。

(1) A斜面（「トップリング」が発生した事例）

白亜紀の花崗岩とそれに貫入する第三紀の流紋岩からなる。掘削に伴なうリバウンドからゆるみが進行し、それがトップリングに進展した。それに伴い、斜面上部ではオープンクラックが形成された。

表-1 解析に使用した物性値

岩種	岩級区分	単位体積重量 (g/cm ³)	弾性係数 (kgf/cm ²)	μ(アソ)比	粘着力C (kgf/cm ²)	内部摩擦角 φ(°)
斑鉄、流紋化岩河床堆積物等	D	2.3	500	0.35	0.5	40
花崗岩	C ₁	2.4	8,000	0.35	5	40
	C ₂	2.5	25,000	0.30	15	45
	C ₃	2.5	90,000	0.25	30	45
	C ₄	2.4	15,000	0.35	5	40
流紋岩	C ₅	2.5	50,000	0.30	15	45
	C ₆	2.6	150,000	0.25	30	45
地質境界、断層(ジョイント)					0.5	30

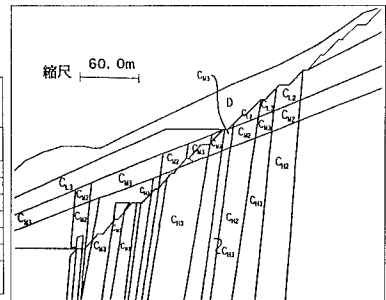


図-1 数値解析モデル（A斜面）

(2) B斜面（「はらみだし」が発生した事例）

ジュラ紀の砂岩と粘板岩の互層からなり、地質構造は受け盤である。掘削に伴い法尻部の粘板岩ではらみだしが生じた。この変状は上方へも波及し、法面頂部付近でクラックの発生が認められた。

表-2 解析に使用した物性値

岩種	岩級区分	単位体積重量 (g/cm ³)	弾性係数 (kgf/cm ²)	μ(アソ)比	粘着力C (kgf/cm ²)	内部摩擦角 φ(°)
流紋化岩、斑鉄	D	2.3	500	0.35	1	30
シアアされた粘板岩	D	2.35	500	0.40	0.3	28
粘板岩	C ₁	2.35	2,000	0.35	3	35
	C ₂	2.45	10,000	0.30	5	40
砂岩・粘板岩互層	C ₃	2.42	3,000	0.30	3	35
	C ₄	2.49	13,000	0.25	5	40
砂岩	C ₅	2.35	4,000	0.30	7	40
	C ₆	2.5	15,000	0.25	10	45
地質境界、断層(ジョイント)					0.5	30

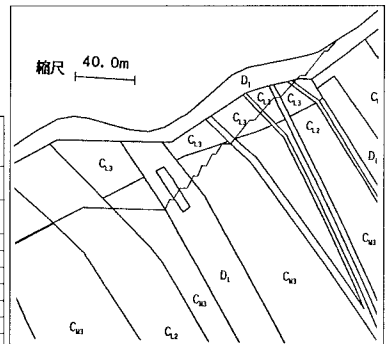


図-2 数値解析モデル（B斜面）

キーワード：長大法面、数値解析、個別要素法

連絡先：大宮市土呂町2-61-5 TEL 048-667-9264 FAX 048-667-9250

3. 解析結果の評価

法面安定の評価を行うのに上で代表的な出力図を図-4に示す。解析結果の評価は不連続面の応力に着目した「不連続面に直交する応力図」、「不連続面のせん断応力図」と、変形モードを評価するための「ブロック変形図」を用いた。

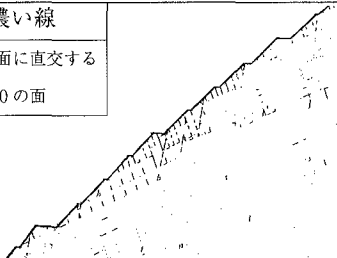
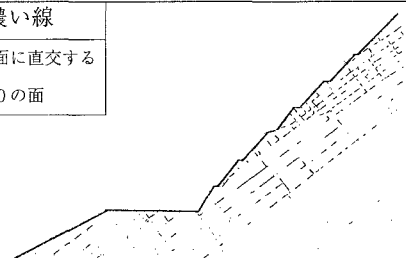
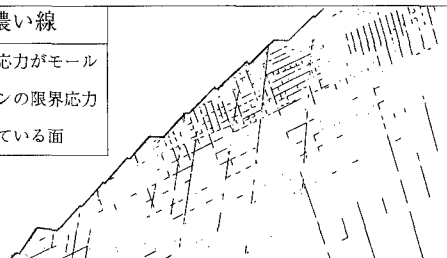
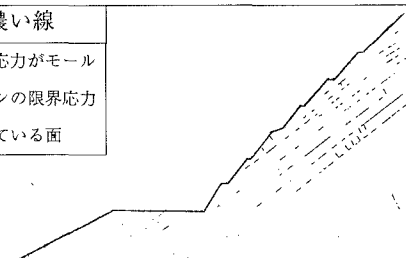
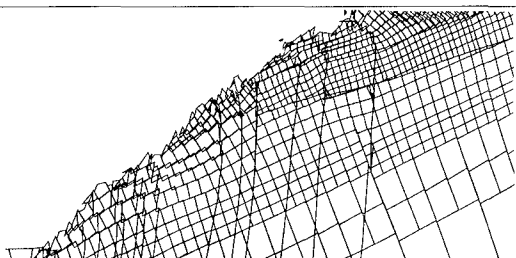
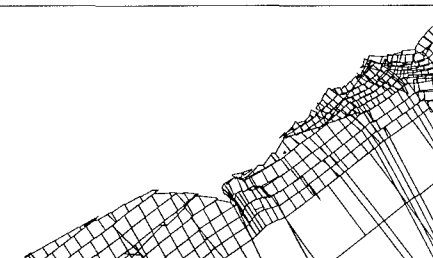
	A斜面（「トップリング」）	B斜面（「はらみだし」）
面に直交する応力図	濃い線 不連続面に直交する 応力が0の面  地表面付近の高角度の不連続面にトップリングによると考えられる、応力が0の面が連続して存在する	濃い線 不連続面に直交する 応力が0の面  法面に平行な不連続面にリバウンドよると考えられる、応力が0の面が連続して存在する。
せん断応力図	濃い線 せん断応力がモールクーロンの限界応力 に達している面  法面上部の広い範囲でせん断応力が限界に達している不連続面が連続して存在する。	濃い線 せん断応力がモールクーロンの限界応力 に達している面  法面上部でせん断応力が限界に達している法面に平行な不連続面が点在する。
ブロック変形図	 全体的にトップリング的な挙動を示している。	 法尻部で法面直交方向に大きい変形を示している
評価	法面下部でトップリングが生じ、法面上部ですべりが発生する可能性があると考えられる。法面が全体的に不安定化すると判断される。	法尻部ではらみだしが生じる。法面全体に「直交応力が0の面」と「せん断応力が限界の面」が点在するため不安定化する可能性が高いと判断される。

図-4 各斜面の解析結果と評価の一覧表

4. まとめ

適切な数値解析モデルを作成し解析を行い、解析結果を複数の出力図で評価することにより連続体解析では表現しにくいトップリング等の変形モードの表現および不安定な領域の推定を順解析で行うことができた。

現段階では、順解析の実績が少ないことから、類似地質における掘削事例、計測、逆解析結果等を参考にし解析の妥当性を検証したり、複数の数値解析手法を用いて安定性の評価を行う必要がある。今後、多くの解析事例を蓄積することにより、個別要素法をはじめとした数値解析は、長大法面の安定性、さらには対策工検討を行う上での有効な手法になるとと思われる。