

数量化分析結果に基づいた採点法による 剝落型落石斜面の危険度判別

村上幸利*・五味貞夫**・土倉 泰***

凍結融解作用等によって岩盤斜面内で浮石となった岩塊が剝離・落下する剝落型落石の危険度判別を数量化分析結果に基づく採点法によって試みた。作成した採点基準を適用したところ、基準作成用の調査データを収集した斜面群と同じ地質区画に位置する斜面に対しては高い精度の判別結果を得た。しかし、異なった地質区画に位置する斜面に対しては判別精度が芳しくなく、基準の適用性に限界があることが分かった。

Keywords : field measurements, hazard assessment, method of marking, quantification analysis, rock-fall, slope stability

1. はじめに

凍結融解作用などによって浮石となった岩塊が岩盤斜面から剝離・落下する、いわゆる剝落型落石は突発的に発生し、かつ大きいエネルギーを伴うことから、山岳道路等を利用する車両や人間に危害を加えたり、道路施設等を破損せしめる場合が多い(図-1および写真-1を参照のこと)。この型の落石は幾つもの因子が複雑に絡まって発生することやその前兆を目視によってはほとんど知りえないことから、その発生時期を的確に予知することは非常に困難であると言われる。したがって、土木工学の見地からは、剝落型落石の発生機構を究明するとともに、それに立脚した落石斜面の危険度評価手法を確立し、その精度を少しでも高めて、その評価結果から適切な防災工を実施することが重要な課題となる。

しかしながら、剝落型落石の発生の仕方は地質や岩質の違いによって相当に異なってくる。たとえば、花崗岩質岩石の場合には節理が発達しており、また岩そのものが風化しやすいために、岩塊がブロック状に抜け落ちるようにして落石が発生する。一方、中・古生代の水成堆積岩の場合には、過去の地殻変動の影響によって相当に変質を受けており、また層理が発達しているために、細片状の岩塊が一度に集中的に落下することが多いようである。このため、剝落型落石の発生を予測するうえで、地質や岩質の要因をいかに取り入れるかは重要な問題である。しかし、発生機構の相異の影響を取り入れながら落石の危険度評価法を開発することは相当に難しいと考えられることから、その前段として、限定された地質または岩質の岩盤斜面を対象とした落石危険度評価法を検

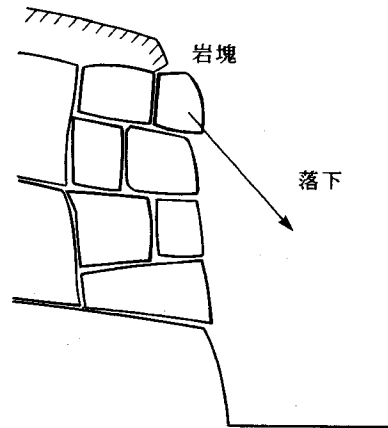


図-1 剝落型落石の模式図



写真-1 剝落型落石の発生例

討しておくことは肝要であろう¹⁾。

本報告は、中生界の水成堆積岩から成る四十層群の地質を対象として、従来から地すべり、斜面崩壊あるいは転落型落石の危険度判別などに採用されている数量化分析ならびにその結果に基づく採点法を用いて、剝落型

* 正会員 工博 山梨大学教授 工学部土木環境工学科
(〒400 甲府市武田 4-3-11)

** 山梨大学助手 工学部土木環境工学科

*** 正会員 工博 山梨大学助手 工学部土木環境工学科

表一 数量化分析Ⅱ類のデータの形式

外的基準	個体サンプル	要因アイテム 1			要因アイテム j			要因アイテム R		
		1	2	・・・ C ₁	1	2	・・・ C _j	1	2	・・・ C _r
1	1		○			○		○		
	2	○			○					○
	...									
	n ₁			○	○				○	
i	1			○		○				○
	α	○				○			○	
	...									
	n ₂			○		○			○	
L	1			○			○			○
	2	○				○				○
	...									
	n _x			○		○			○	

落石の危険度判別の可能性、ならびに手法の適用性について検討したものである。

2. 数量化分析結果に基づいた採点基準

著者らは今までに土砂斜面中の転石が落下する、いわゆる転落型落石を対象として数量化法による危険度判別の試みを行ったが²⁾、それは数量化理論(Ⅱ類)が教える次のことに根拠を置いている³⁾。すなわち、「落石の発生あり」や「落石の発生なし」といった外的基準の分類を最も良く判別するためには、例えば「斜面高さ」といった要因アイテムと「斜面高さが5メートル未満」や「斜面高さが5メートル以上」といったカテゴリーなどから成るそれぞれの要因アイテム・カテゴリーに対応するダミー変数 $\delta_{ia}(jk)$ の線形式

$$y_{ia} = \sum_{j=1}^R \sum_{k=1}^{c_j} a_{jk} \delta_{ia}(jk) \dots\dots\dots (1)$$

において、外的基準間の相関比を最大にするような係数 a_{jk} を定めればよいわけである²⁾。このようにして定められたダミー変数 $\delta_{ia}(jk)$ の係数 a_{jk} は要因アイテム j のカテゴリー k に付与される数量または評点とみなすことができ、これを式(1)に代入することによって個々のサンプルについての評点が定まり、落石の可能性の程度を評価できることになる。ただし、上式において、 y_{ia} は外的基準となる L 個のカテゴリーのうち、 i 番目のカテゴリーに反応した α 番目のサンプルについての評点を表し、ダミー変数 $\delta_{ia}(jk)$ はそのサンプルが要因アイテム j のカテゴリー k に反応するとき1をとり、反

応しないとき0をとるものとする。また、 R は要因アイテム数、 c_j は要因アイテム j のカテゴリー数である(表一を参照のこと)。このとき、要因アイテム j が落石の有・無といった外的基準に及ぼす影響の程度は、そのアイテム内のカテゴリーに付与された数量 a_{jk} の最大値と最小値の隔たりの大きさ(これをレンジという)によって表すことができる。なぜならば、このレンジが大きい要因ほど、そのうちのどのカテゴリーに反応するかによって評点すなわち予測値が大きく変わることになり、それだけ外的基準に対する影響が大きいと考えられるからである。また、外的基準のカテゴリーも数量化することにして、 i 番目のカテゴリーに b_i なる数量を与えると、数量化された外的基準と数量化された要因アイテムとの間に偏相関係数を定義することができる。これは、いま対象としている要因アイテムの影響を除いた外的基準と対象とする要因アイテムとの相関係数に相当するものであって、外的基準に及ぼす各要因アイテムの影響の大きさを指標するもう1つの測度となりうる。この論拠によって、諸要因が落石発生に及ぼす影響の程度について考察を試みることができる¹⁾。

上記のことを受けて、さらにカテゴリーの影響度を表す尺度にまで言及すると、ダミー変数 $\delta_{ia}(jk)$ はそれぞれの要因アイテムにおいて1つのカテゴリーのみに反応するという性質があるので、数量 a_{jk} は個々のサンプルの評点を定めるときのカテゴリーウエイトの意味をもつことになる。したがって個々の落石斜面の危険度を評価する場合に、数量 a_{jk} はそれぞれのカテゴリーが落石に

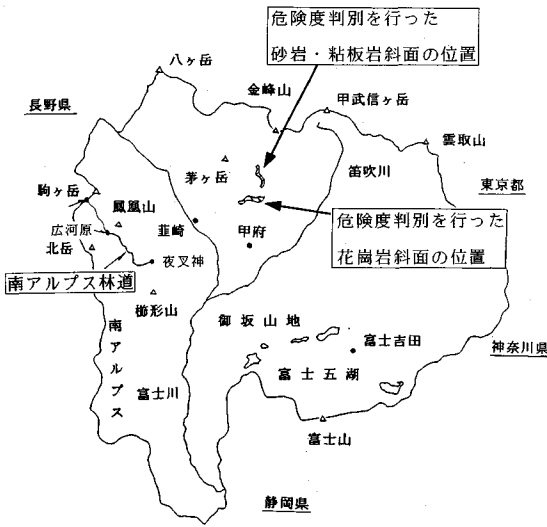


図-2 落石調査を実施した岩盤斜面の位置図

及ぼす影響の度合いを表す尺度になりうる。これは採点法での採点基準と同じ意味合いを有する。ただし、採点基準として取り扱う場合には、実際の使用上の便宜を考慮して、数量化分析から得られるカテゴリウエイトを0または自然数になるように処置しておくことが肝要である。数量化分析結果から落石に関する判別点 Y_0 が既知の場合は、その判別点に相当する点数が設定でき、それと個々のサンプルの合計得点の比較から落石斜面の危険度判別が容易に可能となる。すなわち、カテゴリウエイト全体を整数化するのに必要な乗数を M 、また整数化されたウエイトを0または自然数にするために要因アイテム j のウエイトに加算する定数を P_j として、採点法による落石危険度判別点 N_0 は、

$$N_0 = M \times Y_0 + \sum_{j=1}^R P_j \dots \dots \dots (2)$$

で表せる。ただし、 R は前述のとおり対象とする要因アイテムの総数である。

3. 採点基準の作成とその適用例

前述したように、剥落型落石の発生に係わる要因およびその影響度は斜面の岩質あるいは斜面が存在する地質によって相当に異なってくる可能性が高い。したがって、ここでは「四十層群」と呼称される地質区画に位置する水成堆積岩の岩盤斜面に限定して採点基準の作成を試み、その結果を同じ地質区画に存在する他の岩盤斜面および全く異なる地質区画に存在する岩盤斜面にそれぞれ適用して、その妥当性及適用範囲について検討を行った。

まず、落石調査の対象斜面として「南アルプス林道」と称される山岳道路に沿って連続的に形成される岩盤斜

表-2 調査項目とその内容

	調査項目	評価方法
斜面の性状	高さ	斜面の岩盤部分の最大高さ
	勾配	斜面の岩盤部分の平均勾配
	岩質	岩石名で表示
	縦断形状	斜面の縦断方向の全体的形状
	横断形状	斜面の横断方向の全体的形状
	方角	斜面の方角を8方位で表示
	植生状況	斜面における草、灌木の繁茂状況
岩の性状	湧水状況	岩盤の割れ目からの湧水の多寡
	風化・老化	ハンマーで叩いた場合の割れ目の崩れの程度と岩の変質状態、岩が容易に崩れて、変質の状態が激しい場合に風化・老化が著しいとする
	割れ目の方向	割れ目の走向・傾斜
	割れ目の間隔	相隣り合う主な節理・層理の間隔
	割れ目の密度	主な節理・層理以外の割れ目の発達度合い、主な節理同士の間にかさい割れ目が縦横に数本以上認められる場合に密度が大きいとす
	割れ目の開き具合	主な節理・層理の割れ目の最大幅
	岩の硬さ	シュミットハンマーによる反発値

面を選んだ(図-2を参照のこと)。南アルプス林道は文字通り山梨県と長野県の県境にそびえる南アルプス連峰を縦断する道路であって、地質学的には中生界の四十層群と呼称される地質区画に属し、主に砂岩、頁岩、粘板岩等の堆積岩またはそれが変成した千枚岩などが広く分布する地域に設けられている。山岳道路としてはかなり整備されており、道路の維持管理業務も関係者によって鋭意遂行されているが、標高が1000mから1500mの高地にあるために気象の影響を相当に受け、さらに急峻な地形のために、凍結融解等の作用によって特に春先においては道路に沿った急崖の岩盤斜面から多量の落石が各所で頻繁に発生するのが実状である。したがって、11月から翌年の5月までは一般車両に対して通行禁止措置がとられている。しかし、工事車両はこの限りでなく、落石事故の発生が常に心配される状況となっている。

落石調査は岩盤斜面が連続的に存在する夜叉神から広河原までの約20kmの区間に限定して行った。72ヶに及ぶ調査対象斜面について落石の有無を1990年5月までの2年間にわたって継続的に調べると同時に、地形学や地質学あるいは力学からみて落石の発生に関与すると思われる要因、すなわち岩盤の割れ目の開き具合や間隔、斜面の高さや勾配など15項目の素因について測定調査を実施した。その調査項目を表-2に示しておく。なお、岩盤の硬さを調べるために測定したシュミットハンマーの反発値は、一つの斜面においてばらつきが大きく、数

表-3 数量化分析の結果

判別点: $Y_0 = -0.01$

要因アイテム	カテゴリー	度数	数量	レンジ	偏相関係数
斜面の岩質	砂岩	38	0.18	0.38	0.20
	千枚岩・粘板岩	34	-0.20		
岩の風化・老化	著しい	22	0.60	0.87	0.34
	弱い	50	-0.26		
斜面の高さ	10m~15m	22	0.02	0.04	0.02
	15m以上	15	0.01		
	10m未満	35	-0.02		
斜面の勾配	90度以上	13	0.33	0.47	0.14
	70度~90度	45	-0.05		
	70度未満	14	-0.14		
流れ目と斜面の交差角	25~40度	6	0.57	1.02	0.26
	0~10度	27	0.12		
	10~25度	24	-0.02		
	40度以上	5	-0.35		
	流れ目なし	10	-0.45		
差し目の方向	45度以上	23	0.10	0.20	0.06
	45度未満	39	-0.03		
	差し目なし	10	-0.11		
割れ目間隔	30cm未満	36	0.38	1.00	0.39
	30~60cm	20	-0.20		
	60cm以上	16	-0.61		
割れ目密度	大きい	38	0.20	0.42	0.18
	小さい	34	-0.22		
割れ目の開き	10cm以上	1	1.00	1.69	0.52
	5~10cm	9	0.99		
	1~5cm	38	0.18		
	1cm未満	24	-0.69		
斜面の縦断形状	凸型	3	0.20	0.36	0.11
	直線型	58	0.02		
	凹型	11	-0.16		
斜面の横断形状	凹型	13	0.50	0.70	0.33
	凸型	9	0.34		
	直線型	50	-0.19		
斜面の方角	南	19	0.42	0.67	0.26
	南東	4	0.35		
	西および南西	39	-0.18		
	北および北西	10	-0.25		

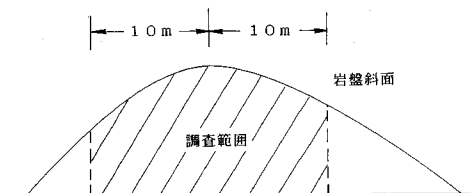


図-3 正面からみた岩盤斜面の調査範囲

量化分析の質を落としてしまう恐れが強かったために入力データから除外した。また、植生状況と湧水状況については、調査した72ヶの斜面のうちのほとんど(68~70斜面)で「植生なし」、「湧水なし」という結果を得たために、やはり入力データとして扱わないこととした。調査した斜面の幅は個々の斜面で異なるため、図-3に示すように、一つの斜面の中で最も高い部分を中心にして両側10mの範囲を調査の対象とした(もちろん、斜

面幅が20m未満のものについては斜面全体を調査範囲とした)。また、本研究においては降雨、凍結融解あるいは地震動等の誘因については直接的には扱わないこととした。

落石発生の有無については、上記の2年間にわたって斜面状況の推移を観測し、体積として約0.01m³を超える落石が2ないし3個以上観測された斜面を落石斜面と判定した。調査結果の詳細については紙面の都合上省略するが、数量化理論Ⅱ類による分析の結果を表-3に示しておく。これを見ると、落石の発生に強く関与する因子として、岩盤中に存在する割れ目に関する諸量、岩の風化程度、斜面の形状と方角などが挙げられる。また、各カテゴリーに付加される数量の大きさを読み取ると、風化が進行し、割れ目の発達した南向きの岩盤斜面で落石が起りやすいことを示唆する結果となっている。発

表-4 剝落型落石危険度判別のための採点基準

要因アイテム	カテゴリー	点数
割れ目の開き	5 cm以上	15
	1~5 cm	8
	1 cm未満	0
流れ目と斜面の 交角	25~40度	9
	0~10度	5
	10~25度	4
	40度以上	1
	流れ目なし	0
割れ目の間隔	30 cm未満	9
	30~60 cm	4
	60 cm以上	0
岩の風化程度	著しい	8
	弱い	0
斜面の横断形状	凹型	6
	凸型	5
	直線型	0
斜面の方角	南向き	6
	南東向き	5
	その他	0
斜面の勾配	90度以上	4
	70~90度	1
	70度未満	0
割れ目の密度	大きい	4
	小さい	0
斜面の岩質	砂岩	3
	千枚岩・粘板岩	0
斜面の縦断形状	凸型	3
	直線型	2
	凹型	0
差し目と斜面の 交角	45度以上	2
	45度未満	1
	差し目なし	0
	判別点	29

達した岩の割れ目は降水と関係し合い、また斜面の方角は日照と関係し合って、晩秋期あるいは早春期の岩の凍結融解作用に大いに影響すると考えられる。したがって、これらの影響因子から判断して、剝落型落石の発生には凍結融解作用が相当な影響をもつことを推測できる。この数量化分析結果を式(2)に当てはめ、剝落型落石斜面に関する採点基準を求めると、表-4に示すものになる。これは実務上簡便的に扱えることを主眼に置き、各要因のカテゴリーに整数の重みを付けたものである。したがって、算出作業の過程には相当に粗い近似が含まれるものであり、またそれが許されなければならないことを念頭に入れておくべきである。

作成した採点基準の有効性を調べるために、南アルプス林道が位置する場所とは距離的に相当離れているものの、同じ地質区分に含まれ、同じ岩質(砂岩と粘板岩)から成る岩盤斜面に対して適用し、落石危険度判別を行うとともに、実際に観測された落石の有無との比較から判別の精度を検証した。また、参考のために、上記の地質区分とは全く異なる花崗岩地域の岩盤斜面に対しても採点基準を適用し、落石危険度判別を試みた(図-2を参照のこと)。その斜面の岩質は、黒雲母に富んだ花崗岩であって、一部まさ土化している部分が認められ、し

表-5 落石斜面の危険度判別結果
(砂岩または粘板岩の斜面)

斜面番号	点数	落石有無	判別
1	23	無	○
2	21	無	○
3	26	無	○
4	39	有	○
5	26	無	○
6	30	有	○
7	26	有	×
8	24	無	○
9	28	無	○
10	15	無	○
11	29	無	○
12	30	有	○
13	18	有	×
14	36	有	○
15	40	有	○
16	29	無	○
17	24	無	○
18	18	無	○
19	31	有	○

判別点 = 29.2
誤判別率 = 2/19 = 10.5%

表-6 落石斜面の危険度判別結果
(花崗岩の斜面)

斜面番号	点数	落石有無	判別
1	15	有	×
2	35	有	○
3	11	無	○
4	21	無	○
5	31	有	○
6	22	無	○
7	28	無	×
8	25	無	○
9	29	有	○
10	35	無	×
11	32	有	○
12	26	無	○
13	29	有	○
14	36	有	○
15	31	有	○
16	27	有	×

判別点 = 27.4
誤判別率 = 4/16 = 25.0%

かも顕著な節理が3方向に発達しているものである。調査の方法はいずれも南アルプス林道でのそれに準じるものであって、落石発生の有無を判定する調査期間は1990年10月までの1年間であって、その間、厳冬期を除いて継続的に1カ月に1回の頻度で落石の確認調査を実施した。その調査結果を採点基準に当てはめて、落石危険度の判別を行った。得られた判別結果を表-5、表-6および図-4に示しておく。表の下に記される危険度判別点は、前述のように数量化分析結果から得られる各アイテム・カテゴリーの数量 a_{ij} と判別点 Y_0 に基づき、式(2)から算定されるものであって、例えば表-5の危険度判別点について示せば、 $M=8.88$ 、 $Y_0=-0.01$ 、「斜面の岩質」のアイテムに対して $P_1=1.8$ の

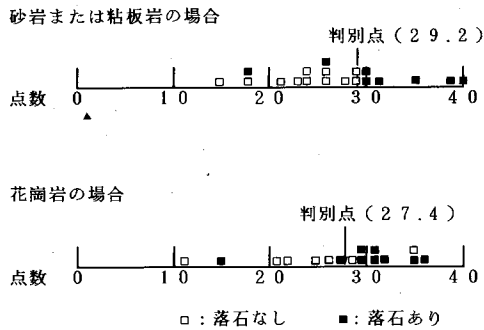


図-4 落石の危険度判別結果

ように各アイテムに加算されるべき定数 P_i から、 $N_0 = 29.2$ として定められる。なお、花崗岩斜面に対しては、作成した採点基準に該当する岩質がないため、岩質に関する評価を除外して扱うこととした。これによって、表-6での危険度判別点は表-5のものより若干小さくなっている。判別結果表の欄中の○印と×印はそれぞれ正しい判別と誤った判別がなされたことを示す。前者については、19ケの対象斜面のうち2斜面において誤判別を生じ、誤判別率は10.5%となった。一方、後者については16斜面のうち4斜面で誤判別を起こし、誤判別率は25.0%となった。このように両者の間の判別精度には歴然とした差が生じた。なお、誤判別率が10%程度というのは、自然現象を予測する作業としては相当に高い精度であると考えられる。

現時点においては、調査に要する時間が数年の規模になることやその労力が膨大になるために、落石の危険度判別に関する検証に用いた斜面の数、地質区分の種類が少なく、それに基づいて断定的な結論を述べることはできないが、とりあえず上記の結果から次のようなことが言えよう。すなわち、採点基準を作成するうえで使用した観測データと同じ地質区分をもつ岩盤斜面には、その基準が十分な適用性をもつものと考えられる。しかし、十分に予測されることではあるが、観測データが収集された地質や岩質とは全く異なった岩盤斜面に適用した場合には、判別精度が低下し、そのままでは適用することが困難である。この理由としては、剝落型落石と一口に言っても岩盤斜面の地質や岩質・岩種によって落石の発生機

構や発生に至るプロセスの違いが考えられるからであろう。したがって、どのような地質や岩質に対しても同等程度の精度で落石危険度判別を行えるような採点基準の作成は非常に難しいものであると推察される。しかし、地質や岩質ごとにそれぞれの採点基準を用意することは実務上は現実的でなく、多少精度が低下するにせよ地質や岩質にとらわれない採点基準作りが必要である。今後はこのような観点から研究を進めていくことが重要になる。

4. ま と め

剝落型落石斜面の危険度評価を行う一つの手法として、数量化分析結果に基づく採点法の提案を行った。この方法は従来の採点法を改良したものであって、現地調査データの統計的分析結果に立脚し、統計学の論理的根拠を備えている。得られた採点基準を他地域における岩盤斜面に適用した結果、次のような結果を得た。

(1) 基準作成用の調査データを収集した斜面群と同じ地質区分に相当する中生界の水成堆積岩系の岩盤斜面に適用した場合には、高い精度の落石危険度判別結果が得られた。

(2) 反面、異種の地質区分に該当する花崗岩系の岩盤斜面に対しては判別精度が芳しくなかった。これは岩質や地質によって剝落型落石の発生機構が異なるためと考えられる。

したがって、判別の精度をあまり落とさず、地質や岩質の要因をいかに採点基準に盛り込んでいくかが今後における重要な課題である。

参 考 文 献

- 1) 村上幸利・五味貞夫：切り取り斜面の落石型小規模崩壊に関与する素因の分析例，土と基礎，第38巻，第7号，pp. 69-74，1990.
- 2) 村上幸利・箭内寛治：数量化法による転落型落石の危険度評価，土木学会論文集，第406号/III-11，pp. 223-231，1989.
- 3) 田中 豊・脇本和昌：多変量統計解析法，現代数学社，pp. 151-160，1983.

(1991. 8. 22 受付)

ESTIMATION FOR THE POSSIBILITY OF ROCKFALLS THROUGH A MARKING METHOD BASED ON QUANTIFICATION ANALYSIS

Yukitoshi MURAKAMI, Sadao GOMI and Tohru TSUCHIKURA

The method of marking based upon quantification analysis, which is of practical use, is developed and employed to estimate the possibility of rockfalls in rock slopes. The applicability is examined by comparing with field observations. As a result, it is shown that the method produces satisfactory judgement so far as the slopes, which should be discriminated between safe and dangerous, have the same geological features as have been used for the preparation of a criterion.

地球を切る! 視る! 創る!

未来設計企業
CRC

3次元地質解析システム

GEORAMA

ジオラマ

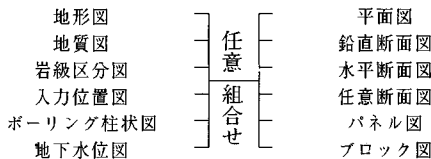
概要

地質調査で得られたデータを基に、利用者の判断を加味して3次元地質モデルを作成します。この3次元モデルより地質・岩級区分・地下水位等をグラフィック表示並びに作画します。今後この3次元モデルを利用して解析用メッシュ作成等への応用が考えられます。

特徴

- ・ 走向・傾斜データも考慮できる高度な推定法
- ・ 複雑な地質体モデルの表現が可能
- ・ ビジュアルで豊富な出力機能
- ・ 図面間での整合性がとれる
- ・ 操作性の高いシステム

出力図面



ユーザーインターフェースにより、拡がる適用分野

データベース 土量計算 構造物マッピング

メッシュジェネレータ プレゼンテーション資料 その他

標準適応機種(EWS)

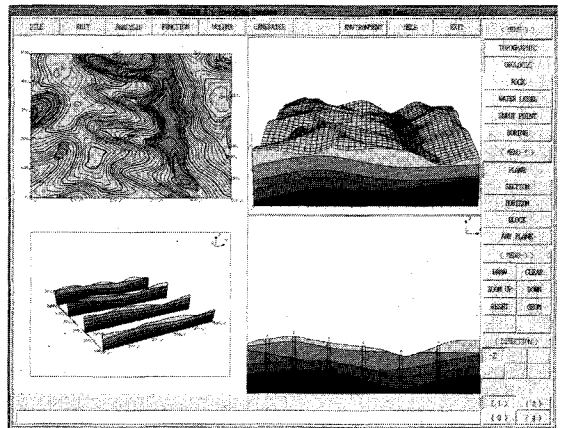
- ・ SONY-NEWSシリーズ*
- ・ Sun-3, Sun4, Sun-SPARCシリーズ*
- ・ HP9000/300, HP9000/800シリーズ*
- * ウィンドウシステムとしてX-Window System, Version 11 (X11)が必要です。(標準以外のものにつきましては御相談に応じます)

(株)アイ・エヌ・エー
アイサワ工業(株)
アイドルエン지니어リング(株)
アサヒ地水探査(株)
(株)エイトコンサルタント
応用地質(株)
大阪ガス(株)
大手開発(株)
(株)大林組
(株)奥村組
川崎地質(株)
基礎地盤コンサルタント(株)
(株)熊谷組
(株)建設技術研究所
建設省 土木研究所
五洋建設(株)
佐藤工業(株)
サンコーコンサルタント(株)
(株)四国総合研究所
(株)四電技術コンサルタント
清水建設(株)

(株)情報数理研究所
(株)新日本技術コンサルタント
住友建設(株)
住友建設(株)
石油資源開発(株)
全日本コンサルタント(株)
大成建設(株)
大豊建設(株)
(株)ダイソク
(株)ダイヤコンサルタント
(株)竹中工務店
中央開発(株)
(株)地球科学総合研究所
中電技術コンサルタント(株)
通産省 地質調査所
電源開発(株)
(株)電力中央研究所
東急建設(株)
東建地質調査(株)
東京電力(株)

東電設計(株)
東電ソフトウェア(株)
東洋地質調査(株)
動力炉・核燃料開発事業団
(株)中堀ソイルコーナ
西松建設(株)
日本工営(株)
日本国土開発(株)
(株)日本パブリック
エンジニアリング
(株)間組
(株)阪神コンサルタンツ
ヒロセ(株)
フジ工業(株)
(株)富士和ボーリング
北光ジオリサーチ(株)
北海道開発コンサルタント(株)
三井建設(株)
三菱金属(株)
村本建設(株)
明治コンサルタント(株)

3次元地質解析システム研究会 参加メンバー



株式会社 **CRC** 総合研究所 西日本支社

大阪市中央区久太郎町4丁目1-3
(06)241-4121 営業担当: 岩崎

土と水の連成逆解析プログラム

未来設計企業
CRC

UNICOUP

応力解析と浸透解析がドッキングした!

軟弱地盤の解析に!

海洋開発・埋立

盛土・掘削

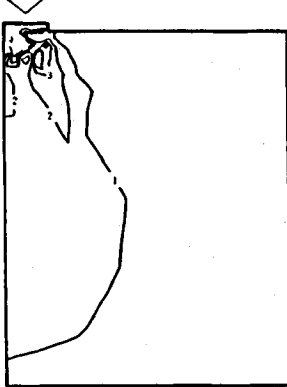
出力項目

- 各節点での変位、各要素での応力
- 各節点での全水頭・圧力水頭 他
- 豊富な図化処理
変位図、変位ベクトル図、応力ベクトル図、応力コンター図、安全率コンター図、水頭コンター図、圧力水頭コンター図

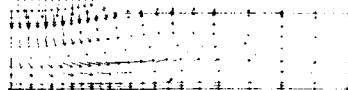
プログラムの特長

- 応力と地下水の流れをカップルさせた問題が解析可能です。(圧密含む)
- 地下水の流れは飽和・不飽和域を対象としています。
- 多段掘削・盛土や降雨等が扱えます。
- 梁や連結要素も扱え実用的です。
- 経時観測記録(変位・水位)があれば、非線形最小二乗法に基づき変形係数や透水係数が逆解析できます。(順解析、逆解析がスイッチにて選択可能です。)
- 弾性・非線形弾性・弾塑性・弾粘塑性を示す地盤が扱えます。
非線形弾性(電中研式、ダンカン・チャンの双曲線モデル)
弾塑性(ドラッカー・プラグー、モール・クーロン、カムクレイモデル、ハードニング、ソフトニング)
弾粘塑性(関口・太田モデル)

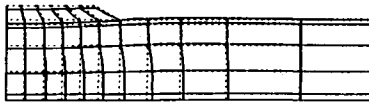
(荷重)



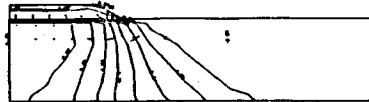
応力増分コンター ($\Delta\sigma_v$)
(10日後)



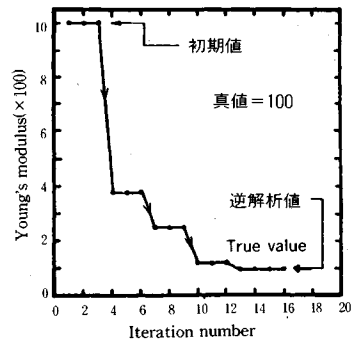
変位ベクトル図 (40日後)



盛土(40日)後の地盤の変形



盛土(40日)後の地下水の流れと水頭
コンターおよび自由水面



ヤング率と繰り返し回数の関係
逆解析によるパラメータの推定

このシステムは、情報処理振興事業協会の委託を受けて開発したものです。

IPA 情報処理振興事業協会

株式会社 **CRC総合研究所** 西日本支社

問合せ先

大阪市中央区久太郎町4丁目1-3
(06-241-4121) 営業担当: 岩崎

圧密解析ソフト パソコンに上陸!!

未来設計企業
CRC

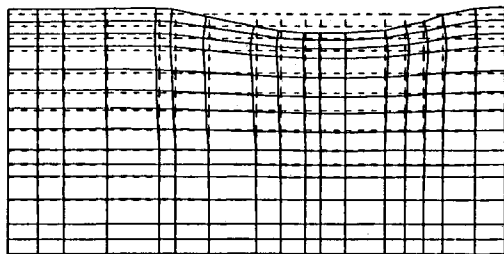
地盤の非定常圧密解析プログラム

Mr. 圧密

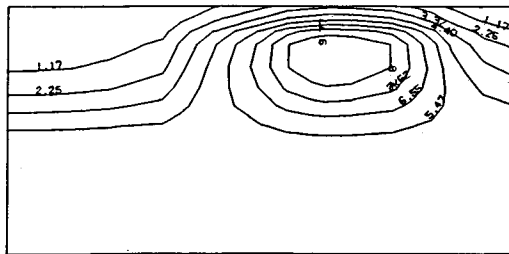
(特長)

- 非定常FEMによる線形弾性解析(christian系の解法)。
- 二次元平面歪解析。
- 要素として三角形・任意四角形が扱える。
- スケーリングをしているので安定して解が求まる。
- リスタート機能の完備。
- 入力はわかりやすいコマンド形式を採用(フリーフォーマット)。
- 図化処理(プロッタ、画像出力)等、豊富な機能を持つポストプログラムを完備。
- ジェネレート機能(長方形要素)により簡単にモデル作成が可能。
- 大モデルはそのままCRCネットワークでも(ホスト処理)可能。

販売価格：60万円 機種：NEC PC9800シリーズ 他



変形図



過剰間隙水圧コンター図

※EWS、汎用機用の圧密解析プログラム(逆解析も可能)として"UNICON"も用意しております。

株式会社 **CRC総合研究所** 西日本支社

大阪市中央区久太郎町4丁目1-3
(06)241-4121 営業担当: 岩崎

MATRAN EX

塩水くさび

農業汚染

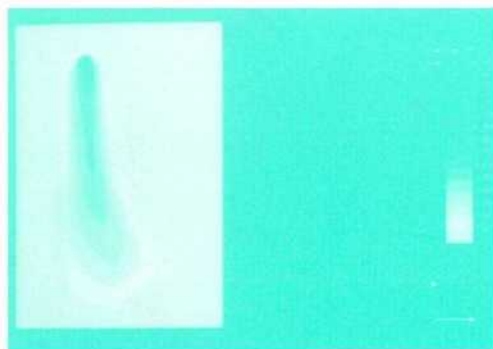
廃棄物処理

その他

飽和・不飽和浸透解析に、移流分散・拡散を考慮。
EXTensiveな問題に適用可能なEXcellentなプログラム。

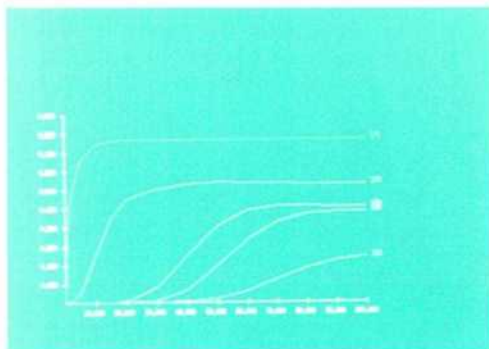
プログラムの特長

- 断面(EXV)および平面(EXH)の解析が可能
- 充実した解析機能
 - 定常・非定常解析 (断面、平面)
 - 軸対称解析 (断面)
 - 降雨 (断面、平面)
 - 揚水・注水 (断面、平面)
- 豊富なグラフィック出力
 - 浸出面 (断面)
 - 材質変更 (断面、平面)
 - 境界条件の変更 (断面、平面)
 - 水位・濃度の経時変化 (断面、平面)



濃度コンター図

断面出力図



濃度の時間推移グラフ

断面出力図