

統計解析に基づく静的支持力式の係数決定法について

METHOD FOR DETERMINATION OF PARAMETERS OF PILE BEARING CAPACITY FORMULA BASED ON STATISTICAL ANALYSIS

松尾 稔*・出村 福典**・菅井 径世***

By Minoru MATSUO, Yoshinori DEMURA and Michiyo SUGAI

The first object of this paper is to modify the method, which was proposed by authors in the previous paper¹⁾, for determination of parameters of pile bearing capacity formula based on statistical analysis. Accordingly, a new method for estimation of skin friction of steel pipe piles driven into clay layers is proposed based on equation (1). The second object is to show the accuracy of the method. The results of statistical analysis with 68 in-situ loading tests which have been gathered and used in the previous paper are equal to the results of those with 112 tests which are gathered the present paper. Hence, it is seen that the reliability of the statistical analysis by using the data from a sample population of 68 in-situ loading tests is adequate. The new formula is compared with those estimated by the methods currently used in Japan and the engineering usefulness of the new method is emphasized.

Keywords : statistical analysis, bearing capacity, nonlinear least square, in-situ loading test

1. はじめに

著者らは、文献1)において多数の載荷試験データを用い、統計解析に基づく静的支持力決定法を提案した。すなわち、従来から実務設計に用いられている諸官公庁、学協会の静的支持力式よりも、変動係数にして10%以上精度の高い静的支持力式を提案したのである。しかし、提案した支持力式は以下に示す2つの問題点を残していた。第1点は、粘土層のN値と周面摩擦力の関係に関するものである。提案した式によれば、N値=8のとき、算定される単位面積当たりの支持力値が9.6(tf/m²)であるのに、N値=9になると3.6(tf/m²)になる。第2点は、支持力式決定法が統計解析に基づくことに起因するもので、用いるデータ数によって解析解が異なってくる可能性を残した。本研究ノートは、第1の問題点に対する検討に加え、新たに収集した45個の実杭載荷試験データを利用し、データ数増加による解析解の違いや、提案式の精度について検討した結果の報告である。

2. 静的支持力式の分析および検討

(1) 解析に用いたデータ

種々の解析結果を示す前に、用いた載荷試験データについて触れておく。文献1)で用いたデータに加え、新たに収集したデータ数は45であるが、このうち杭径800mm以上のデータは1個(杭径1500mm)のみである。したがって、文献1)の3.(3), b)で述べたように、本手法の適用限界を直径700mmクラスまでの杭に限ることとし、文献1)で用いた杭径800mm未満のデータ68個と、追加データ44個を用いて解析を行う。

図-1に解析に用いた杭の形状を度数分布の形で示す。図からわかるように、追加したデータは、文献1)で用いたデータと同種であり、杭径、杭長、根入れ比(支持層への根入れ長さ(L)/杭径(D))において特異なデータは追加していない。

図-2に地表面から杭を打ち止める支持層までに存在する砂層および粘土層の平均N値の杭周面積分布を示す。図-1の場合と同様、文献1)で用いたデータに比べ特異な地盤情報を含むデータは追加していない。

(2) 現行の支持力式の検討

文献1)にならい、代表的な実務設計用静的支持力式の精度について検討する。対象とした現行支持力式は、

* 正会員 工博 名古屋大学教授 工学部地盤工学教室
(〒464-01 名古屋市千種区不老町)

** 正会員 工博 石川工業高等専門学校教授 土木工学科
(〒929-03 石川県河北郡津幡町字北中条)

*** 学生会員 工修 名古屋大学大学院 工学研究科地盤工学専攻 (〒464-01 名古屋市千種区不老町)

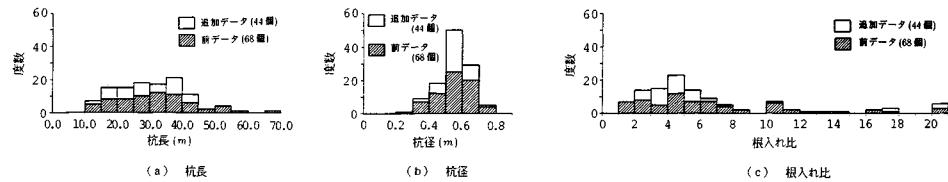


図-1 解析に用いた杭の形状等（データ数 112 個）

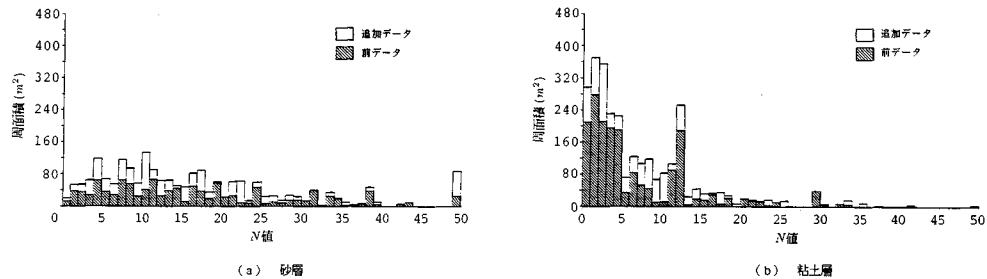


図-2 周面摩擦にかかる N 値と杭周面積（データ数 112 個）

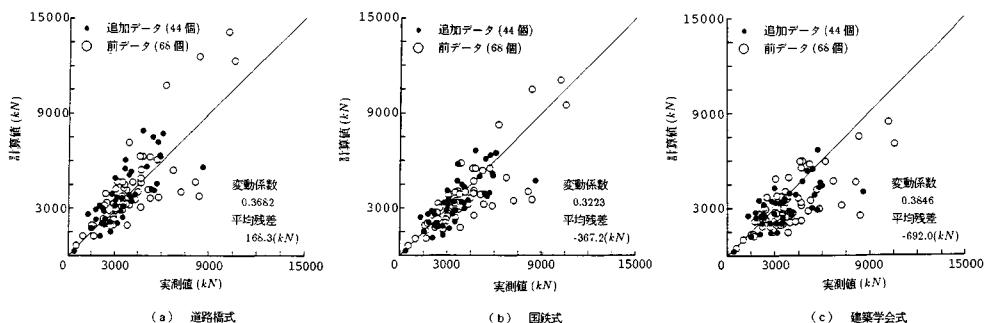


図-3 実測値と現行支持力式による計算値の比較（データ数 112 個）

文献1)と同様、「道路橋式」、「国鉄式」、「建築学会式」の3つである。図-3は、112個の全載荷試験データを用いて計算値と実測値を比較した結果である。いずれの式も精度は比較的よい。図中黒丸で示した追加データ44個をみても計算値は実測値とよく対応しており、これにより全体としての式の精度は若干よくなっている。ただし、図中に併記した残差の平均値(平均残差)と変動係数に着目しても、文献1)における解析と同様の結果を示していることがわかる。

(3) 粘土層の N 値による周面摩擦力推定に関する検討

文献1)では、土丹や固結シルトなど過圧密度が非常に高く N 値の大きな層を、 N 値の小さな正規圧密粘土層や若干過圧密された層とは別の性質の地盤と考えて取り扱った。ところが、文献1)の式(16)を用いると、1. で述べたような矛盾が生じた。データ数が十分大きくなれば、 N 値によるのではなく地盤の種類別に層を

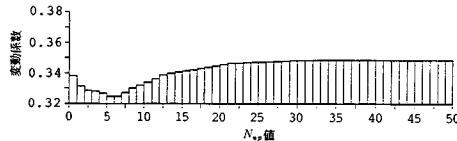
区分することが可能であるが、土丹や固結シルト層への載荷試験データの収集は容易でない。この点を考慮し、現行式にならって、粘土層 N 値の上限 (N_{up}) を定めて支持力式を決定する手法を取ることとする^{2),3)}。すなわち、粘土層においては、 N_{up} 以上の N 値は、 $N = N_{up}$ として計算する。提案する式を示すと以下のようである。

$$P_u = a_1 \bar{N}_p A_p + a_2 \sum N_s l_s U + a_3 \sum N_c l_c U \quad \left. \begin{array}{l} \\ \\ N_c \leq N_{up} \end{array} \right\} \dots \dots (1)$$

ここに、 A_p 、 U はそれぞれ杭の先端閉塞断面積および杭周長を、 \bar{N}_p 、 N_s 、 N_c は支持層、砂層および粘土層の平均 N 値を、 l_s 、 l_c は砂層および粘土層の層厚を、また、 a_1 、 a_2 、 a_3 は文献 1) と同様、支持層、砂層、粘土層に関する係数を表わす。

(4) 提案法による数値計算例

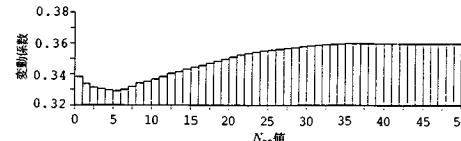
数値解析は、文献 1) と同様、次の項目ごとに順を追って進める。すなわち、a) $N_{u\mu}$ の決定、b) 根入れ比が先端支持力の係数 a_1 に与える影響、c) 杭径が先端支持力

図-4 粘土層分類のための N_{uo} と式の精度（データ数 68 個）表-1 係数 a_1 , a_2 , a_3 の計算結果 ($N_{uo}=6$)

a_1	a_2	a_3	データ数	変動係数
31.18	0.155	1.068	68	0.3246

表-3 根入れ比別の a_1 の計算結果（データ数 68 個）

根入れ比	係数 a_1	データ数	変動係数
0 ~ 1	—	0	—
1 ~ 2	32.91	7	0.1256
2 ~ 3	15.74	8	0.3407
3 ~ 4	25.45	5	0.1033
4 ~ 5	33.26	12	0.2980
5 ~ 6	37.99	7	0.2349
6 ~ 7	37.79	7	0.3022
7 ~ 8	39.10	4	0.1026
8 ~ 9	97.23	2	0.2926
9 ~ 10	—	0	—
10 ~	32.49	16	0.2869

図-5 粘土層分類のための N_{uo} と式の精度（データ数 112 個）表-2 根入れ比別の a_1 , a_2 , a_3 の計算結果 ($N_{uo}=6$)

a_1	a_2	a_3	データ数	変動係数
29.14	0.159	1.111	112	0.3290

表-4 根入れ比別の a_1 の計算結果（データ数 112 個）

根入れ比	係数 a_1	データ数	変動係数
0 ~ 1	—	0	—
1 ~ 2	32.07	7	0.1173
2 ~ 3	15.21	14	0.2670
3 ~ 4	22.71	15	0.2014
4 ~ 5	31.01	23	0.2754
5 ~ 6	30.07	14	0.2545
6 ~ 7	41.12	9	0.3452
7 ~ 8	37.25	5	0.0824
8 ~ 9	96.00	2	0.2910
9 ~ 10	—	0	—
10 ~	33.52	23	0.2990

の係数 a_1 に与える影響, d) 実務設計に用いるための各係数の有効な桁数についてである。さらに、項目ごとに文献1)で用いた68個のデータによる解析結果と、これに追加データ44個を加えた112個のデータによる解析結果を比較、検討する。

a) N_{uo} の決定

N_{uo} は、文献1)で N_L を決定した手法と同様の方法で決定する。すなわち、式(1)において N_{uo} を1~50まで変えて支持力値計算を行い、それぞれに対して決定された係数による式の精度を検討する手法である。図-4, 5は、各データによる計算結果である。両図の横軸は式(1)に代入した N_{uo} 値である。また縦軸の変動係数は、統計解析法により算定した各係数を式(1)に適用して計算した支持力値と実測値を比較して求めたものである。両図とも $N_{uo}=6$ のときの変動係数が最小、換言すると静的支持力式の精度が最もよくなる。したがって、 N_{uo} として6を採用する。

表-1, 2に $N_{uo}=6$ とした場合の各係数の値と支持力値に関する変動係数を示す。これらの表からわかるように、非線形計画問題として定式化した提案法による各係数値は、現行の各静的支持力式に採用されている値と大差がない。また、表-1, 2を比較しても、各係数値がほぼ一致していることは特に注目すべきである。これは、データ数の違いにより解析解が変わらないことを意味しており、ここで算定された係数値の信頼性の高さを示している。表の計算結果から、現行式よりも周面摩擦力を若干小さく評価する方が一般に精度よく支持力を推定できることがわかる。

次に、表-1, 2に基づき、データ数68個の場合には a_2 , a_3 をそれぞれ0.16, 1.07、データ数112個の場合には a_2 , a_3 をそれぞれ0.16, 1.11と固定したうえで、根入れ比や杭径に影響されると考えられる a_1 の検討をさらに深める。

b) 根入れ比が先端支持力の係数 a_1 に与える影響

表-3, 4に、根入れ比別にまとめたデータから計算した a_1 の値、計算に用いたデータ数、支持力値に関する変動係数を示す。文献1), 3. (3), b), ②で述べたように、根入れ比2以下の場合を除き、両表とも一般に根入れ比が小さいときに a_1 値が小さい。したがって、係数 a_1 に関しては根入れ比で次のように区分けして検討を進める。すなわち、データ数68個の場合は文献1)と同様、2以下、2~3, 3~4, 4以上の4つの範囲、データ数112個の場合は、2以下、2~3, 3~4, 4~6, 6以上の5つの範囲に分ける。後者の場合には、データ数の増加により分ける範囲を増やし、支持力式の精度を高める。

c) 杭径が先端支持力の係数 a_1 に与える影響

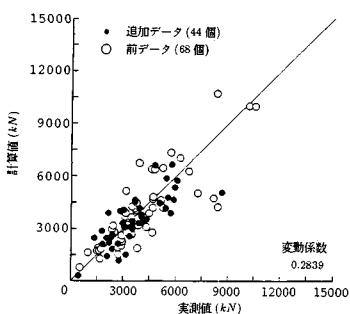
表-5, 6は、b)で決定したように根入れ比で区分けし、さらに各杭径別に求めた a_1 の値、データ数、支持力値に関する変動係数を示している。これらの結果によれば、杭径250.0~355.6mmのものは閉塞効果が十分に発揮されると考えられ、比較的大きな係数値を示している。しかし、データ数の少ないと、および小口径杭の取り扱いが通常は若干粗雑になる実務上の安全性を考慮して、他の杭と同じ係数を用いることにする。また、両表からはデータ数の違いによる係数値の大きな違いは

表-5 桁径別の a_1 の計算結果 (データ数 68 個)

杭径 根入れ比	318.5 ~ 355.6		400.0 ~ 485.0		500.0 ~ 508.0		600.0 ~ 660.4		700.0 ~ 711.2	
	係数 a_1	データ数								
	変動係数		変動係数		変動係数		変動係数		変動係数	
~ 2	-	0	29.32	3	33.11	3	45.72	1	-	0
			0.2013		0.0586		-		-	
2 ~ 3	-	0	22.37	2	14.59	3	15.51	3	-	0
			0.1266		0.3000		0.4673		-	
3 ~ 4	-	0	24.15	1	31.24	1	18.03	1	27.90	2
			-		-		-		0.0428	
4 ~	50.88	7	29.26	6	39.51	18	35.78	15	30.64	2
	0.2121		0.1385		0.1943		0.3695		0.2974	

表-6 桁径別の a_1 の計算結果 (データ数 112 個)

杭径 根入れ比	250.0 ~ 355.6		400.0 ~ 485.0		500.0 ~ 508.0		600.0 ~ 660.4		700.0 ~ 750.0	
	係数 a_1	データ数								
	変動係数		変動係数		変動係数		変動係数		変動係数	
~ 2	-	0	28.58	3	32.31	3	44.15	1	-	0
			0.1835		0.0591		-		-	
2 ~ 3	-	0	16.38	3	11.94	5	16.23	6	-	0
			0.1784		0.2478		0.2991		-	
3 ~ 4	-	0	14.89	2	29.43	7	15.81	4	27.25	2
			0.3939		0.1919		0.1078		0.0355	
4 ~ 6	41.86	4	25.41	5	35.78	20	33.25	6	22.20	2
	0.4345		0.1289		0.1907		0.4045		0.1755	
6 ~	50.99	6	36.38	5	43.23	15	33.48	12	41.99	1
	0.3048		0.1623		0.3228		0.3682		-	

図-6 実測値と提案式による計算値の比較
(データ数 112 個)

みられない。

d) 実務設計に用いるための各係数の有効な桁数

表-7 は、以上の中解釈に基づき、全載荷試験データ 112 個を用いて求めた a_1 値とそのときのデータ数、支持力値に関する変動係数を示したものである。表からは、根入れが十分であれば一般に現行支持力式の場合よりも若干大きめの先端支持力値が期待できることがわかる。さらに、図-6 は、これらを式(1)に適用して求めた計算値と載荷試験における実測値を比較したものである。当然のこととはいえ、提案法では図-3 に示したいたずれの支持力式よりも高い精度の推定値を与えている。

なお、実務式として用いる場合には、工学的に有効な精度を保持しつつ、各係数値はできるだけ簡単な方がよい。この観点から表-7 の値を再整理したものが表-8 である。式の精度は、同じく表中の変動係数 (0.284) に示したように図-6 と比較してほとんど落ちず、実用

表-7 根入れ別の a_1 の計算結果

杭径 根入れ比	250.0 ~ 750.0		
	係数 a_1	データ数	変動係数
~ 2	32.07	7	0.1173
2 ~ 3	15.21	14	0.2670
3 ~ 4	22.71	15	0.2014
4 ~ 6	30.72	37	0.2692
6 ~	37.66	39	0.3346

表-8 実用式の係数値

根入れ比	係数 a_1	係数	
		a_2	a_3
~ 2	32.0	a_2	0.16
2 ~ 3	15.0	a_3	1.10
3 ~ 4	23.0	データ数	112
4 ~ 6	31.0	変動係数	0.2840
6 ~	38.0		

的にはこれで十分である。新しく提案する実用式は、式(1)に表-8 の係数値を適用したものとする。

3. おわりに

本研究ノートは、文献1)において著者らが提案した統計解析に基づく静的支持力式決定法に基づき、新たに44個の載荷試験データを追加して静的支持力式を決定し、さらにその信頼性や精度について検討を加えたものである。主な結果は、以下のとおりである。

(1) 粘土層の N 値と単位面積当たりの周面摩擦力値の関係を新たに提案した。

(2) 文献1)で用いたデータによる解析結果と、追加データによる解析結果を比較することにより提案した支持力式の信頼性を検討した。

参考文献

- 1) 松尾 稔・菅井径世・金 聰漢：鋼管杭の極限支持力推定法に関する研究、土木学会論文集、第406号／III-11、pp. 253~262、1989年6月。
- 2) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説、IV下部構造編、1987.5。
- 3) 土木学会編：国鉄建造物設計標準解説（基礎構造物、抗土圧構造物）、1986。

(1990.6.6・受付)

内容紹介

土木学会論文集 内容紹介

No. 424 / III-14, 1990. 12

水力発電所地下空洞の掘削に伴う岩盤亀裂調査とその定量化

西川 力・草深守人・大橋敏行・西村 翁

土木学会論文集 第418号／III-13, pp. 45~53, 1990. 6.

岩盤の力学的挙動を評価する上で、岩盤中に方向性を持って分布する亀裂をモデル化することは重要である。ここでは、地下発電所建設において実施した亀裂の調査とその評価法について述べた。岩盤掘削面の写真撮影により亀裂のトレースマップを作成し、ステレオロジーの手法を用いて岩盤亀裂の定量的評価を行った。その結果、亀裂の3次元的な分布状況、特に分布密度、方向性を定量的にモデル化することができた。

細粒分を含む砂質地盤の液状化強度の推定法

草野 郁

土木学会論文集 第418号／III-13, pp. 55~64, 1990. 6.

不攪乱試料の液状化試験結果から細粒分と試験時の拘束応力が液状化強度に及ぼす影響を検討し、平均粒径の他に細粒分含有率と拘束応力の補正を加えた液状化強度推定式を作成した。この式を使用し関東地震の液状化発生・非発生地域の解析を行い、浅い層だけに着目した判定法を作成した。この判定値と液状化指標による判定値を統合した結果は、単一な判定法より発生・非発生地域を明瞭に判別でき、広域を対象とした予測には有効な手法であることが確認できた。

降雨時の斜面崩壊に対する限界降雨量

八木則男・矢田部龍一・榎 明潔

土木学会論文集 第418号／III-13, pp. 65~73, 1990. 6.

降雨時の斜面崩壊の事前予測法として多用されている限界降雨量を土の諸物性を考慮した数値解析により求めた。対象とした地域は降雨による斜面崩壊が多発しているまさ土およびしらす地域である。数値解析結果は過去の崩壊資料より求めた限界降雨量とよく一致した。この結果、従来経験的に与えられていた限界降雨量に力学的意味付けを行うことができ、また、限界降雨量は斜面崩壊発生時期のより合理的な予測法になり得ることを明らかにした。

スレーキングで破碎した泥岩の締固め特性

山口晴幸・黒島一郎・福田 誠

土木学会論文集 第418号／III-13, pp. 75~84, 1990. 6.

スレーキングで破碎した第三紀泥岩の岩片試料を主に対象として、気乾燥、湿潤、水浸（飽和）状態にある含水比の異なる岩片を各種の粒径範囲に区分し、種々の締固め条件下で一連の締固め試験を実施している。泥岩の岩片試料の締固め特性について、特に、締固め過程で生じる構成岩片の破碎特性に及ぼす含水比や初期粒度等の影響の観点から考察を加え、締固め特性は構成岩片の破碎状況によって大きく支配されることを明らかにしている。

トンネルにおける変位計測結果の逆解析に関する問題点とその考察

谷河正也・北條 明・桜井春輔

土木学会論文集 第418号／III-13, pp. 85~93, 1990. 6.

トンネル掘削時の変位計測結果を用いた二次元逆解析では、先行変位が計測不可能な場合に、逆解析結果の精度が低下することがある。その原因の1つとして、トンネル軸方向に関するせん断応力の影響が考えられることを指摘した。また、逆解析結果を用いて塑性領域の推定を行う場合、計測変位の入力方法によっては、推定精度が低下する。しかし、この問題は本論文で提案した二重逆解析法により解決することができる。

東京低地の液状化予測

草野 郁・阿部 博・小川 好・中山俊雄

土木学会論文集 第418号／III-13, pp. 95~104, 1990. 6.

広域を対象とする液状化予測では、地盤が地域的に変化に富み複雑であるにもかかわらず収集される資料は限定されるため、限られた情報をどのように予測に結びつけるかが問題となる。この研究では、ボーリング資料の他に、関東地震の液状化履歴と、地形・地質の諸情報を数値化し、情報相互の関係を求めるシステムを構築した。このシステムによる解析結果から、東京低地の地盤特性に適した情報の把握と予測法を検討し、総合的な評価法に基づいて東京低地の液状化予測を行った。

水圧破碎法による最大主応力の直接測定に関する基礎的研究

佐久間彰三・菊地慎二・荒木義則・水田義明

土木学会論文集 第418号／III-13, pp. 105~114, 1990. 6.

水圧破碎応力測定法では、最大主応力は直接測定できず、その値の信頼性は、最小主応力値に比べて低い。筆者らは、あらかじめボアホール内の最小主応力方向に半小判状のスロットを人工的に設け、このスロットを含む区間で水圧破碎を行えば、亀裂がスロット延長上から発生し、最大主応力を直接測定出来る可能性があると考えた。本論文は、この可能性について検討するため、数値解析とモルタル供試体を用いた室内実験を行い、その検討内容をまとめたものである。

空気圧制御による不飽和透水試験法

宇野尚雄・佐藤 健・杉井俊夫・柘植浩史

土木学会論文集 第418号／III-13, pp.115~124, 1990.6.

砂質土の不飽和透水係数を求める試験法として、定常状態に準じて行う、空気圧制御型の方法を研究したものである。特に、微小な浸透流量の測定、フィルターの透水係数の事前測定と選択指針、負荷すべき動水勾配の範囲、試料内の飽和度の一様性、などに配慮して、従来の加圧型試験法を改良した方法であって、良好な結果が得られることを豊浦標準砂とシルトについて示している。

軟岩トンネルの非線形弾塑性挙動

久武勝保・桜井春輔・伊藤富雄

土木学会論文集 第418号／III-13, pp.125~132, 1990.6.

軟岩トンネルの膨張特性を究明するために、非線形弾塑性解析を理論的に行い、応力、ひずみ、変位、降伏域の広さについて、閉じた解を導いた。本理論解に基づいてパラメトリックスタディーを行い、地山強度比、非線形応力・ひずみ関係等、膨張性に及ぼす種々の因子について考察を加え、軟岩トンネルの膨張性をある程度明らかにした。また、トンネル変位を減少させ内圧の効果など、本解析結果の実際問題への適用についても指針を与えた。

三次元境界要素法による地盤掘削解析手法に関する研究

門田俊一・和久昭正

土木学会論文集 第418号／III-13, pp.133~142, 1990.6.

本論文は、三次元境界要素法を地盤構造物の掘削解析に適用した研究に関するものである。まず、初期地圧を評価するための自重解析手法、および施工段階に応じた段階掘削解析手法について2種類の方法を提案し、これらの解析手法の詳細を示すとともに、解析手法の精度について検討した。次に、本解析手法を用いてトンネル交差部問題、立坑掘削問題に関する解析事例を示し、本解析手法の実務問題への適用性を検討した。

ブロック理論による不連続性岩盤斜面の安定性評価に関する基礎研究

吉中龍之進・山辺 正・藤田朝雄

土木学会論文集 第418号／III-13, pp.143~152, 1990.6.

不連続性岩盤の安定性を評価するブロック理論を現実の岩盤斜面の掘削問題に適用した。岩盤調査の進捗段階に応じて不連続面に関する情報が増大し、解析成果の利用方法も異なってくることを考慮して、①岩盤露頭調査段階から得られる情報を用いる確率論的解析と、②横坑調査段階に対応する確定論的解析を実施し、各段階に対するブロック理論の適用に関する手法を提案した。

AEと弾性波速度測定による花崗岩ブロックの熱破壊挙動の観測

石田 毅・北野晃一・木下直人・若林成樹

土木学会論文集 第418号／III-13, pp.153~161, 1990.6.

高温及び低温下の岩盤の破壊に対するAEと弾性波速度測定の適用性を検討するため、一辺30cmの花崗岩の立方体ブロックの中央にヒーターを設置し、ヒーター表面の温度を2時間半かけて500°Cまで上昇させて加熱し、その間の岩石内部の温度分布を測定するとともに、AEと弾性波速度の測定を行った。その結果、岩石内部の熱の移動が発生した水蒸気の影響を受けていると思われる興味ある現象や熱応力と岩石破壊の関係などについて新たな知見を得ることができた。

小形U-トラフの凍上被害に関する屋外実験

鈴木輝之・山田利之

土木学会論文集 第418号／III-13, pp.163~171, 1990.6.

鉄筋コンクリート製の小型U-トラフを屋外に試験施設し、冬期間に側壁に加わる凍結土圧や、変形を測定した。結果として次のことが明らかになった。①地盤の凍結によってトラフに発生する被害は主として凍上に起因する。②トラフの設置条件によっては、凍結土圧の大きさは用いたトラフの強度をはるかに上回った。③本実験で試みた対策工法の効果は明らかに認められた。

繰返せん断に起因した粘土層の沈下に及ぼす周期の影響

松田 博・大原資生

土木学会論文集 第418号／III-13, pp.173~179, 1990.6.

動的単純せん断試験機を用いて、種々の周期で、OCR=1, 6の飽和粘土供試体のひずみ制御非排水繰返せん断を行った。そして繰返せん断の周期が過剰間隙水圧の累積、およびその消散によって生じる沈下に及ぼす影響について調べた。その結果、正規圧密粘土では過剰間隙水圧の累積過程は周期の影響を受けるが、過圧密粘土ではその影響はないこと、また繰返せん断後に生じる沈下に及ぼす周期の影響はないことがわかった。

ファジィ回帰モデルに基づくトンネル岩盤分類法の提案

鈴木昌次・古川浩平・井上洋司・中川浩二

土木学会論文集 第418号／III-15, pp.181~190, 1990.6.

花崗岩地山に施工されるトンネルの切羽における岩盤分類にファジィ理論を応用した。提案法は、施工中に記録された切羽観察記録および岩質判定結果に対し、ファジィ回帰モデルを適用することで技術者の経験的主觀を取り入れようとしたものである。岩盤分類は簡単な線形式の結果として可能性分布と共に区間連続値で定量的に与えられる。本文では提案法の工学的妥当性を論じ、統計的手法との比較において有効性を示した。

二次元割れ目系モデルによる岩盤の透水性評価に関する研究

奥野哲夫・百田博宣

土木学会論文集 第418号／III-13, pp.191~200, 1990.6.

本論文では、割れ目系岩盤の透水性評価手法について二次元割れ目系モデルを用いて検討している。特に岩盤の平均的な透水係数を評価するために、小田らの提案したクラックテンソル理論と原位置透水試験（注入試験）における試験区間長の影響について論じている。また、透水試験区間で得られる割れ目情報から透水係数を算定し、その値が平均的な透水係数よりも大きな値を示すことを指摘している。

軟弱粘性土地盤における併設シールドトンネルの現場計測とセグメントリングの疑似三次元構造モデル

堀地紀行・平嶋政治・松下芳亮・石井恒生

土木学会論文集 第418号／III-13, pp.201~210, 1990.6.

軟弱粘性土地盤において施工された併設シールドトンネルの現場計測データから、先行トンネルが、後続シールドの掘進によって受ける影響を、セグメントリングの断面力と周辺地山の地中応力として把握した。さらにこれらのデータと、筆者らの提示した疑似三次元構造解析モデルとの検証を行い、この解析法の妥当性を示した。これによって局所偏荷重を受けるシールドトンネルの軸方向と周方向の断面力解析が可能となった。

損傷確率関数による岩石の強度と変形の解析

田野久貴・佐武正雄

土木学会論文集 第418号／III-13, pp.211~220, 1990.6.

本論文は圧縮下で生じる微視的な逐次破壊と材料の示す巨視的変形挙動との関係の記述に、損傷確率関数を提案している。損傷関数としてWeibull分布を用い、これは“有効断面積”の概念のもとに材料の示す変位-荷重関係の変化から求められる。これによりピーク強度やひずみ軟化等を解析的に扱うことが可能であり、一般的の変形過程は複合分布であることが予測された。大理石の実験によってこれを確認し、複合分布を畳み込みにより2つの関数に分離し、それぞれの関数の意義を考察している。

土留め掘削底部地盤におけるリバウンドの力学挙動解析

玉野富雄・福井聰・村上仁・門田俊一

土木学会論文集 第418号／III-13, pp.221~230, 1990.6.

本論文では、まず、3か所の大規模土留め工におけるリバウンドの実測力学挙動について考察する。次に、応力変形・浸透連成解析による実測値と解析値の比較検討から、掘削時の地下水位低下を考慮したリバウンドの力学機構を明らかにする。さらに、拡張カルマンフィルターと有限要素法を組み合わせた逆解析手法を適用し、多層地盤における除荷時弾性係数(E_s)を評価する。

シールドトンネルの軸方向剛性確認実験

上原精治・三上博・石田智朗・小泉淳

土木学会論文集 第418号／III-13, pp.231~237, 1990.6.

長大シールドトンネルの耐震設計では種々の検討が必要であるが、本研究は地震時に発生する軸力算定上重要なトンネル覆工の軸方向剛性を実験的に求めたものである。実物を模した供試体を用いて引張載荷実験を実施し、覆工のひずみと剛性の関係、ひびわれと鉄筋の付着切れ状況等を確認した。さらにこの結果を用い、長大海底トンネルの地震応答解析を実施し、耐震検討上、覆工剛性の非線形性を考慮する必要があることを明らかにした。

不均一地盤における薬液の注入形態とその支配条件

森麟・田村昌仁・佐藤洋一

土木学会論文集 第418号／III-13, pp.239~247, 1990.6.

不均一地盤を①透水性の異なる2種の砂が層状をなす場合、②砂と粘土が層状をなす場合に大別し、注入ポイントが層境に近い場合の薬液の注入形態を調査した。①の地盤では緩結性薬液では透水性のよい方の殆ど浸透するが、瞬結性では両者に比較的均等に浸透する。②の地盤では注入ポイントがどちらの土層中にあっても境界層に薬液が割裂的に集中して入るが、瞬結性薬液の方がこの傾向が著しい。不均一地盤の注入形態は土層の構成だけでなく、ゲルタイムにも支配される。

地震時における橋台裏盛土の沈下量評価手法の提案

岡田勝也・福島弘文

土木学会論文集 第418号／III-13, pp.249~255, 1990.6.

地震時に発生する橋台裏盛土の沈下の実態をまず述べ、その影響範囲を明確にした。ついで最近の地震に対する沈下発生の実態調査データをもとに、沈下に及ぼす要因の抽出を行い、多変量解析を実行した。沈下量が10cm以上と未満を区別する判別関数を抗基礎橋台、直接基礎橋台について求めた。さらに沈下量10cm以上の時の沈下量を算定する重回帰式を求めた。最後にこれらの結果をまとめて橋台裏盛土の沈下量の予測手法を提案した。

軸方向押込み力に対する杭の支持特性に関する研究

岡原美知夫・中谷昌一・田口敬二・松井謙二

土木学会論文集 第418号／III-13, pp.257~266, 1990.6.

本研究は、単杭の軸方向挙動について、その可逆性が保証される限界の状態（弹性限界状態）における軸方向押込み力に対する杭の支持特性について載荷試験データをもとに検討した。その結果、①杭頭荷重-沈下量曲線における降伏点に着目した杭頭ばね定数の算定式の提案、②打込み杭工法及び場所打ち杭工法による摩擦杭の先端支持力評価式の提案、③打込み杭及び場所打ち杭の周面摩擦力評価式の再評価、④打込み杭及び場所打ち杭の極限支持力に対する案全係数の提案を行った。

軟弱粘性土地盤内の二次元トンネルの非排水安定性に関する研究

竹村次朗・木村 孟・ウォン・シン・ファン

土木学会論文集 第418号／III-13, pp. 267~277, 1990.6.

軟弱な正規圧密粘性土地盤内の浅いトンネルの非排水安定性を調べることを目的に、塑性指数が約10及び25の中間土試料を用い、二次元遠心模型実験ならびに上界値計算を行った。その結果、トンネルの非排水安定性はトンネルの土被り直径比が増加するほど増し、地表面沈下形状は二つの試料によって異なることが明らかとなった。また深さ方向の強度増加及び強度異方性を考慮した上界値計算より得られた限界トンネル圧及び崩壊メカニズムは、実験結果と良い対応を示した。

圧密解析ソフトパソコンに上陸!!



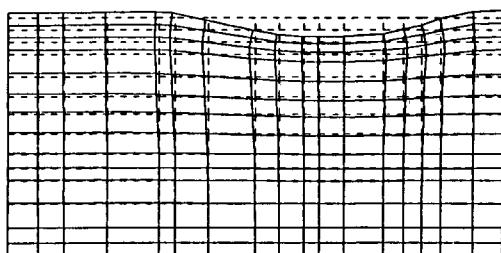
地盤の非定常圧密解析プログラム



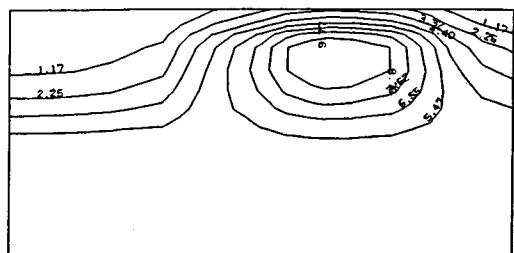
(特長)

- 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。

CRC センチュリリサーチ センタ 株式会社

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

ジオフロントに挑戦!



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。また、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

入力データ

- ・地形図
- ・地表踏査データ
- ・ボーリングデータ
- ・横坑データ

出力図面

- ・等高線図
 - ・地質平面図
 - ・鉛直断面図
 - ・水平断面図
 - ・ブロック図他
- (岩級区分・地下水位を含む)

適応機種

- ・SONY NEWS
- ・SUN-3, SUN-4, SPARC
(互換機を含む)
- ・HP9000シリーズ
- ・その他機種は別途御相談

90年1月より順次リリース

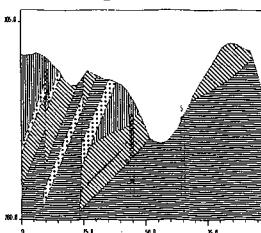
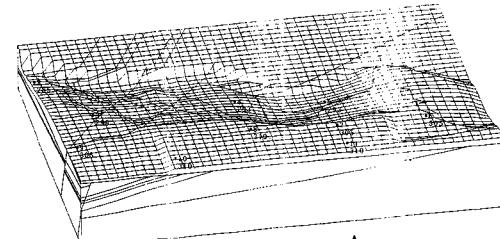
導入予約受付中

(株)アイ・エヌ・エー
アイサワ工業(株)
アイドールエンジニアリング(株)
アサヒ地水探査(株)
エイトコンサルタント(株)
応用地質(株)
大阪ガス(株)
大手開発(株)
大林組
奥村組
川崎地質㈱
基礎地盤コンサルタント(株)
熊谷組
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)
サンコーワンダルタント(株)
四国総合研究所
四電技術コンサルタント(株)
清水建設(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
柳中堀ソイルコーナー
西松建設(株)
日本工営(株)
日本国土開発(株)
日本パブリック
間組・
阪神コンサルタント(株)
ヒロセ(株)
フジタ工業(株)
富士とボーリング
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



↑ ブロック図

← 鉛直断面図

これらの図は、カラーディスプレイ
やハードコピーの使用により一層
鮮明な表現ができます。

CRC センチュリリサーチセンタ 株式会社

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

STACC

(Shield Tunnel Analysis Program
by Characteristic Curve)

概要

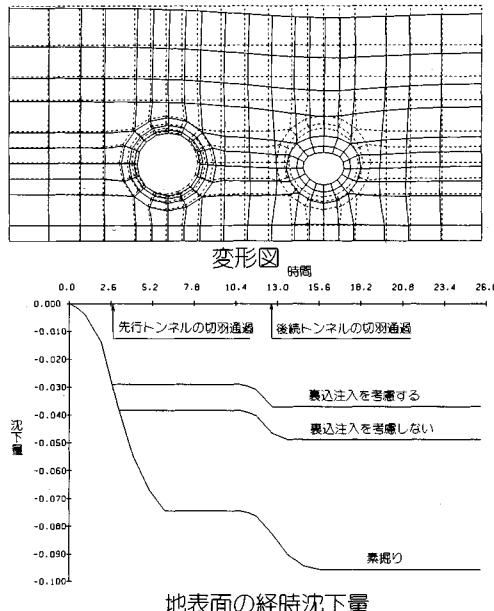
- 二次元有限要素法解析と地表面沈下特性曲線を融合し、三次元的効果を考慮すると共に、各種施工条件をも考慮した地表面沈下量解析プログラム。

特長

- 三次元的効果を、効率良く解析できる。
- 粘弾性的な時間依存性地山が解析可能。
- 施工による経時的な沈下量が解析可能。
- 現場での施工条件が考慮できる。
 - シールド掘進速度
 - テールクリアランス
 - 圧気圧
 - セグメントの構築
 - 双設トンネルの施工手順
 - メッシュユニタ内蔵。

対応機種

- 各種汎用機
- 各種EWS



アイサワ工業(株)	新技術計画(株)	西日本旅客鉄道会社(JR西日本)
(株)青木建設	(株)新日本技術コンサルタンクト	西松建設(株)
(株)淺沼組	(株)錢商組	日本鋼管(株)
(株)山地学研究所	大成基礎設計(株)	日本交通技術(株)
大阪市交通局	(株)竹中工務	日本シールドエンジニアリング(株)
大阪ガス(株)	(株)地崎工業	日本スピードショア(株)
(株)大林組	中央復建コンサルタント(株)	日本鉄道建設公團
(株)奥村組	中電技術コンサルタント(株)	日本電信電話(株)(NTT)
北辰設計(株)	通信土木コンサルタント(株)	(株)間組
(株)熊谷組	鉄建建設(株)	阪神高速道路公團
久保田建設(株)	(財)鉄道総合技術研究所(JR総研)	パシフィックコンサルタント(株)
(株)濱池組	東急建設(株)	東日本旅客鉄道会社(JR東日本)
国際航業(株)	東京ガス(株)	フジタ工業(株)
五洋建設(株)	東建地質調査(株)	不動建設(株)
佐藤工業(株)	東電設計(株)	三井建設(株)
四国電力(株)	戸田建設(株)	村本建設(株)
清水建設(株)	飛島建設(株)	(株)森組

シールドトンネル研究会参加メンバー

CRC センチュリリサーチ センタ 株式会社

IPA 情報処理振興事業協会

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。

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・吉川

CRC meets Dr.Cundall



米国ITASCA社(ITASCA CONSULTING GROUP, INC.)と業務提携!!

CRCは、皆様方の信頼を得て、多くの地盤、地下水解析ソフトウェアを提供してまいりましたが、このたび、米国ITASCA社(ミネソタ大学 教授 Dr. Peter Cundall)と業務提携を行ない、先進の個別要素法プログラムをご紹介させて頂けることとなりました。今後とも、常に優れたソフトウェアの提供に全力を傾けてまいりますので御期待下さい。

カンドールモデル個別要素法(DEM)プログラム

二次元個別要素法プログラム(ソースコード)

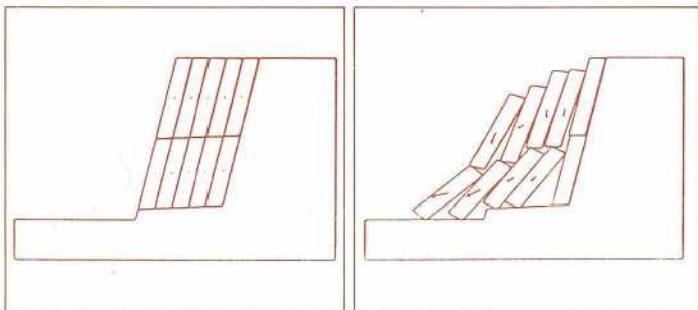
UDEC

- 岩盤の転倒・滑落解析
- 岩盤の掘削解析
- 不連続性岩盤の安定解析
- 地震応答解析

- 浸透解析(UDEC)
- 热解析(UDEC)
- 充実した三次元グラフィック表示
- 大型汎用プログラム

三次元個別要素法プログラム(ロードモジュール)

3DEC

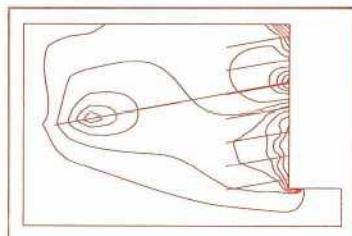


有限差分法 地盤解析プログラム

FLAC

(ロードモジュール)

- パソコン用地盤の汎用解析コード
- 最大2000要素まで解析可能
- 弾性及び弾塑性解析
- 不連続面の取り扱いが可能
- メッシュジェネレート機能
- 図化出力機能



■販売条件

UDEC・3DEC

- ◆各種メインフレーム、各種EWS、IBM-PC/AT及び互換機
- ◆UDECはソースコードで提供いたします。
- ◆3DECはロードモジュールで提供いたします。

FLAC

- ◆IBM-PC、PC-AT、PS/2及び互換機
- ◆IBMカラーカード、EGA、VGA
- ◆8087、80287、80387数値演算プロセッサー
- ◆HPコマンド対応プロッタ、ポストスクリプト言語対応プリンター

CRC センチュリリサーチセンタ 株式会社

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