

東海大学工学部 正員 宇都一馬, 正員 冬木衛
大成基礎設計(株) 正員 オウマ侍定繁

1. まえがき 標準貫入試験(以下S・P・T)より得られるN値は、土木、建築などの基礎設計施工にあたって、その有用性が認められ、今日では数多く実施されており、重要な土質指標のひとつとなっている。N値を使つて、土質定数値を推定する関係式は、土の動的、静的な諸特性をとわずに、数多く提案されているがその理論的な裏付けは乏しい。筆者らは、S・P・Tのメカニズムにフッての基礎的な研究¹⁾を行なっており、その動的貫入機構にフッては、ほぼ明らかにし得たが、先端地盤の土質諸特性が、その機構にどのようにガガわり、N値に反映されていックガといった問題を明らかにする必要にせよられた。本報告では、まずその第一歩として、N値と土質定数値との相関性を見ッ出すにあたり、その適用統計手法の妥当性と、土の諸特性の内でのN値の位置付けにフッて、検討したものである。

2. 使用データと基本集計 収集したデータは、東京低地の代表的な地区にあたる江東、江戸川、両区のもので、この地区の地層構成は、30mにおよぶ軟弱な着質土(N=04)と砂質土(N=50)が、地表部を覆い、それ以下50mまでに、洪積層の上位層にあたりとろ地層が分布し、基盤層にいたる層序を示す。この地域で得られた土質柱状図を図-1に示す。用いたデータは、数十本の地質調査と、127個の土質試験結果より得られたものである。今回とりあげた変量(特性値)としては、土質試験結果とN値、深度の計17変量で、それらは、基本統計量とともに表-1に示してある。

3. 解析法 土質諸定数のように、互いに相関のある特性値を統合的に評価する手法に各種の多変量解析法があるが、今回は、主成分分析法を用いた結果にフッて述べる。主成分分析法は、互に相関のある多種類の特性値をもつ情報を、互に無相関な少数個の統合特性値に要約する手法である。詳細にフッては、文献²⁾を参照されたい。

4. 特性値の相関関係 相関係数行列を表-2に示してある。この結果を見ると、諸特性の内、物理的性状(オ1変量~オ16変量)間は、一般に考えられているように、相関が高いが、それと、力学性状(オ17変量~オ18変量)との相関は低い。これは、今回のデータが軟弱な地層より得られた諸定数に、片寄っているためと認められるので、これらの向脱失にフッては、次の機会に述べたい。

5. 主成分分析結果 17変量にフッて、相関行列から出発して、分析を行なったその結果を表-3と表-5に示す。これらを用いての因子負荷重を図-2にスコアの散布図を図-3に示す。これらの図表から明らかになったことは、今回用いた特性値が、2へ3の三主成分で77%説明されることで、オ一主成分は、土の物理的性状(あるいは土の自然状態の含水比と密りぐあいと肉する切)を表わし、オ二主成分は、土の強度、変形特性を、オ三主成分は、土粒子の粒径と衣つる因子であると言える。また、N値は、強度、変形特性を反映するものと思われるが、それ他の諸特性値と相関も認められよう。スコア散布図より、これらの統合特性値を用いることによって、地層区分あるいは地質年代の分類が可能と思われる。

6. まとめ 東京低地の軟弱地盤の土質諸定数の主成分分析を行ない、次の結果が得られた。①、今回用いたデータに因して言えば、それぞれ、オ一主成分は、土の物理的性状(あるいは土の自然状態の含水比と密りぐあいと肉する切)。

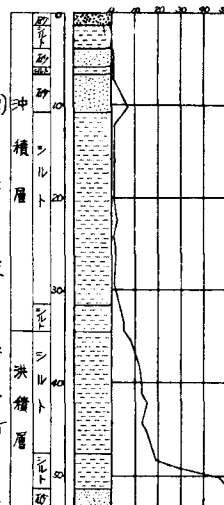


図1 土質柱状図

表-1. 変量(特性値)の基本統計量

特性値 No	平均値 $\bar{x}$	標準偏差 S	変動係数 CV(%)
1. L キ 77%	0.165	0.560	3.39
2. R キ 77%	7.394	17.80	241
3. シルト 77%	44.10	14.08	32
4. 粘土 77%	48.87	15.41	32
5. 最大粒径 mm	2.371	2.825	120
6. 液性限界 (%)	76.43	26.93	35
7. 塑性限界 (%)	36.42	10.62	29
8. 塑性指数	40.00	17.30	43
9. 比重	2.616	0.004	2
10. 含水比 (%)	76.09	20.24	27
11. 湿潤単位体積重量 γ_w	1.548	0.115	7
12. 孔隙比	2.005	0.491	25
13. 飽和度	98.50	2.351	2
14. 一軸圧縮強さ σ_c (kg)	0.871	0.739	85
15. 変形係数 μ	33.14	52.30	158
16. N値	2.154	3.101	144
17. 深さ (m)	21.31	10.39	49

注: データ総数 $N=127$

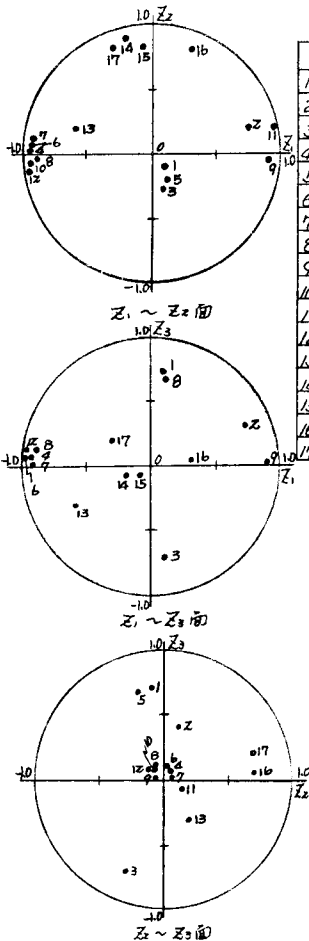


図2 因子負荷量

表2 相関係数行列

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
1	1.000	0.138	-0.146	-0.072	0.659	-0.029	-0.035	-0.021	0.139	-0.082	0.082	-0.072	-0.092	-0.071	-0.046	-0.045	-0.001
2		1.000	-0.503	-0.711	0.117	-0.087	-0.128	-0.634	0.627	-0.639	0.710	-0.639	-0.541	-0.102	-0.038	0.006	-0.001
3			1.000	-0.204	-0.027	-0.108	-0.019	-0.156	0.123	-0.210	0.108	-0.235	0.124	-0.073	-0.013	-0.237	0.336
4				1.000	-0.015	0.815	0.848	0.842	-0.858	0.913	-0.907	0.903	0.516	0.172	0.008	-0.259	0.320
5					1.000	-0.062	-0.112	-0.028	0.171	-0.119	0.082	-0.096	-0.121	-0.116	0.089	-0.117	-0.068
6						1.000	0.912	0.914	-0.798	0.917	-0.910	0.913	0.477	0.173	0.073	-0.164	0.283
7							1.000	0.852	-0.812	0.942	-0.961	0.951	0.282	0.116	-0.028	0.338	0.383
8								1.000	-0.711	0.518	-0.568	0.817	0.437	0.118	0.043	-0.287	0.230
9									1.000	-0.823	0.816	-0.786	-0.503	-0.174	-0.011	0.233	-0.377
10										1.000	-0.715	0.916	0.001	0.071	-0.032	-0.351	0.222
11											1.000	-0.790	-0.418	-0.020	0.080	0.438	-0.135
12												1.000	0.435	0.042	-0.051	-0.714	0.118
13													1.000	0.315	0.251	-0.089	0.234
14														1.000	0.932	0.525	0.681
15															1.000	0.519	0.551
16																1.000	0.559
17																	1.000

注: * 75% 検定, ** 99% 検定 $\rho = r - z \cdot \sqrt{(1-r^2)(1-z^2)}/2$ (検定)

表3

固有値と累積寄与率

成分	固有値	累積寄与率
1	8.217	0.48
2	3.093	0.67
3	1.814	0.77
4	1.430	0.86
5	0.603	0.89
6	0.479	0.92
7	0.347	0.94
8	0.339	0.96
9	0.211	0.97
10	0.155	0.98
11	0.135	0.99
12	0.096	1.00
13	0.041	1.00
14	0.024	1.00
15	0.012	1.00
16	0.002	1.00
17	0.000	1.00

表4

固有ベクトル

成分	Z1	Z2	Z3
1. Z1	0.035	-0.061	0.544
2. Z2	0.265	0.096	0.300
3. Z3	0.031	-0.150	-0.503
4. Z4	-0.330	0.010	0.063
5. Z5	0.047	-0.111	0.498
6. Z6	-0.335	0.002	0.066
7. Z7	-0.325	0.038	0.001
8. Z8	-0.322	-0.020	0.102
9. Z9	0.306	-0.030	0.003
10. Z10	-0.336	-0.050	0.073
11. Z11	0.334	0.102	-0.043
12. Z12	-0.331	-0.070	0.085
13. Z13	-0.200	0.131	-0.203
14. Z14	-0.064	0.512	-0.061
15. Z15	-0.023	0.489	-0.081
16. Z16	0.111	0.450	0.047
17. Z17	0.104	0.459	0.164

表5

因子負荷量

成分	Z1	Z2	Z3
1. Z1	0.101	0.010	0.011
2. Z2	0.759	0.576	0.169
3. Z3	0.090	0.038	-0.264
4. Z4	-0.945	0.891	0.018
5. Z5	0.134	0.018	-0.195
6. Z6	-0.960	0.913	0.004
7. Z7	-0.931	0.866	0.066
8. Z8	-0.924	0.854	-0.035
9. Z9	0.877	0.770	-0.053
10. Z10	-0.962	0.926	-0.084
11. Z11	0.958	0.917	0.180
12. Z12	-0.919	0.891	-0.123
13. Z13	-0.574	0.329	0.230
14. Z14	-0.182	0.034	0.900
15. Z15	-0.066	0.004	0.861
16. Z16	0.317	0.100	0.742
17. Z17	-0.277	0.088	0.808

第一主成分は、土の強度、変形特性、第二主成分は、土の強度組成に関する応答特性と判定できようである。②、今後、さらに広範囲のデータを収集し、各種の多変量手法を適用することによって、不確定な要素を含む土質諸定数の統合的な分類、評価が可能になると思われる。③、N値が、土の諸定数と互いに相関を有していることは、N値が、各種の地盤特性値の情報を反映していることであり、これは土質定数との関係式が多く利用されている現状をうかがわせるものである。④、しかし、土質諸特性が、N値にどのようなメカニズムで反映するかと云った内題は、現状では不明であるので、S-P-Tにおける先端地盤のモデル化を進め、N値の土質特性値について、解析的な考察をする必要がある。

本報告をまとめるにあたって、東海大学、三宅一宏氏、山口千明氏、南里孝司氏に協力いただいた。これらの方々に対し厚く感謝する所である。また、本解析は東海大学計算センター UNIVAC1100Bのアプリケーションプログラム BMD プラス M を一部使用した。参考文献 1) 土質学 1974 N 値と土質定数の関係 2) 土質学 1975 N 値と土質定数の関係

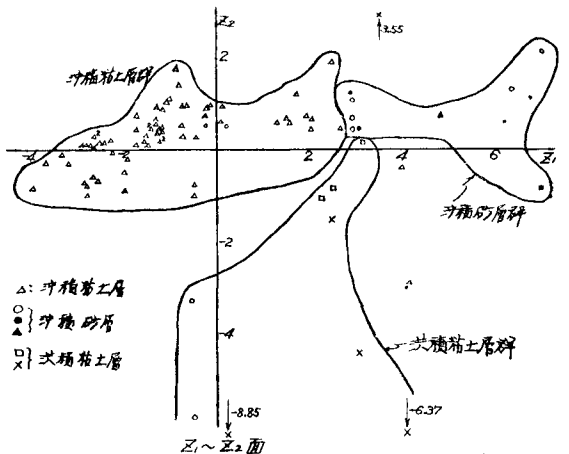


図3 スコアの散布図