

室蘭工業大学 正 員 河 野 文 弘
室蘭工業大学 学生員○丸 田 剛 久

1. ま え が き

泥炭地あるいは泥炭地盤の分類は、古くから多くの研究者によって、純科学または応用科学の面で行なわれてきた。しかし、工学的分類は比較的少ないうえに、いずれも泥炭地盤上の実際の工事の設計や施工の具体的な指標となるまでには至っていない。本文は、泥炭地盤における地盤改良工法選定に役立つ地盤分類を行なうために北海道の泥炭地盤上の盛土の実施例を集録して整理し、統計的手法を用い、各工法に応じて地盤特性の仕分けを行なおうとしたものである。

表-1 要因の選定

2. 外的基準の設定と要因の選定

泥炭地盤上に盛土を設ける場合、地盤および盛土などの条件によって、サンド・ドレーン工法やサンド・コンパクション・パイル工法などの地盤処理が行なわれる。これら工法の選定にあたって重要な要因となるものは、表-1のようなものである。ここでは、昭和29~52年にわたり、北海道開発局が泥炭地盤の盛土における各

要因の性質	要 因 名	選 定 理 由 等
泥炭の工学的性質を示す要因	含水比 間ゲキ比 コーン支持力 圧縮指数	工法選定に先だって行なわれる一般的 土質調査・試験で安定と沈下を支配する
	強熱減量	泥炭性土該当の当否をあらわす
	土層構成 軟弱層厚	上記以外の地盤の性質を示す要因で 安定と沈下に寄与する
荷重特性を示す要因	荷重強度	安定を支配する
社会的要因	盛土用途 地区性	施工中の騒音、振動、側方変位などによる 周辺への影響が工法の選定にあたっても 考慮される。

種対策工法の選定のために実施した調査データを整理し、採択された工法と上記各種の要因との関連を解析することとした。解析方法は、多数の要因を用いて解析が可能な多変量解析とし、その中でも質的要因を含めて解析ができる数量化理論第2類とした。この解析法では、外的基準を設定する必要があるので、工法をいくつかのグループにわけ、これを外的基準とすることとした。ここでは、安定計算の結果、安定ならば無処理で施工し、不安定ならば地盤処理をしたものと考え、さらに地盤処理工法については、その安定性によって工法間に順位づけをして考えた。すなわち、安定性に応じて外的基準を (1)無処理(緩速段階施工法、押え盛土工法を含む) (2)サンド・ドレーン工法 (3)サンド・コンパクション・パイル工法 (4)その他のより強力な工法(パイルキャップ工法、パイルスラブ工法) の4工法群とした。また、表-1に示した10要因の中で同質とみなされる

表-2 要因間の相関係数

ものは、その一つで代表させることとした。ここでは、10要因で数量化を行ない質的要因を量的要因に変換したのち、各要因間の相関係数を求め、相関係数が0.6以上の値を示す場合に同質要因とみなすこととした。表-2において、これに該当するものは「間ゲキ比」と「圧縮指数」であるので、圧縮指数を棄却した。よって、圧縮指数を除く9要因と4工法群の外的基準を用いて解析を行なうこととした。

	土層構成	地区性	構造別	含水比	軟弱層厚	間ゲキ比	コーン支持力	強熱減量	圧縮指数	荷重強度
土層構成	1.000									
地区性	0.965	1.000								
構造別	0.086	-0.162	1.000							
含水比	0.130	0.086	-0.072	1.000						
軟弱層厚	0.222	0.212	-0.283	0.161	1.000					
間ゲキ比	0.172	0.079	-0.016	0.469	0.187	1.000				
コーン支持力	0.066	-0.015	-0.080	-0.144	0.175	-0.079	1.000			
強熱減量	0.043	-0.002	-0.075	0.092	0.071	-0.058	-0.061	1.000		
圧縮指数	-0.161	0.029	-0.057	-0.435	-0.025	-0.768	0.093	0.043	1.000	
荷重強度	0.062	-0.120	0.184	0.155	0.108	0.097	-0.113	0.146	0.069	1.000

3. 要因の数量化と要因区分

要因の数量化にあたって、要因相互の関連を一変数にまとめた地盤判定値 $\alpha_i = \sum_j \sum_k \delta_i(jk) \cdot X_{j k}$ なる合成変数を考える。ここにrは要因数。X_{j k}は、j番目の要因のk番目のカテゴリーに与えるべき数値であり、ここでは判別係数とよぶ。δ_i(jk)は、カテゴリーkに反応した場合は δ_i(jk)=1 となり、それ以外に反応した場合は δ_i(jk)=0 となる。泥炭地盤を工法に応じて最も効果的に判別するには

各工法群の相関比の自乗が最大となるように、 X_{jk} を決定すればよい。数量化理論は、このような X_{jk} を決定する理論である。判別係数 X_{jk} を用いて、地盤判定値 α_i を計算し、 α_i と工法別頻度分布を組合わせた判別グラフを作成することによって、各工法に適応する地盤を判別することができる。判別の精度を高めるには、要因のカテゴリー化にあたって、カテゴリー間の有意差を高める必要がある。その手法として、分散分析や仮説検定が考えられるが、データ間の開きが大きく、そのままのデータで計算しても検定の意義がうすれる。ここでは、各要因でカテゴリーが10を越えないという上限を設け、おのおのの特性を考慮して要因を区分した。その結果を図-1および表-3に示す。

図-1 土層構成の水準

4. 解析結果

レンジ、偏相関係数ともに他の要因の影響を除去した時の、外的基準と要因との相関の程度をあらわすものと考えられるので、この兩者をもって要因の判別への寄与の大きさを測る。表-3に示すように、寄与の大きいものは、荷重強度、土層構成、軟弱層厚であり、小さいものは、工学的性質を示す要因と社会的要因である。

表-3 判別結果一覧

また、工学的性質を示す要因は、軟弱の程度をあらわす。このことから工法選定にあたっては、工学的性質を示す要因によって、軟弱の程度を把握し、盛土および地盤条件から工法を選定することの妥当性がわかる。また、図-2に示す判別グラフは、4分類の中からサンド・コンパクション・パイル工法とその他のより強力な工法の場合を抜きだし頻度分布の百分率で示したものである。なお、規準値すなわちサンドコンパクション・パイル工法とその他のより強力な工法の分布面積が等しくなる点は、0.0に変換してある。

要因名	水 準	反応数 合計	判別係数	レンジ	偏相関係数	要因名	水 準	反応数 合計	判別係数	レンジ	偏相関係数	
土 層 構 成	1-1 A ₁	42	0.180	0.897	0.453	間 ゲ キ 比	1-1 0.0~2.0	5	0.136	0.217	0.140	
	1-2 A ₂	57	-0.177				1-2 2.0~4.0	22	0.132			
	1-3 B ₁	11	0.700				1-3 4.0~6.0	25	0.084			
	1-4 B ₂	11	0.037				1-4 6.0~8.0	48	0.019			
	1-5 C ₁	33	-0.169				1-5 8.0~10.0	33	-0.069			
	1-6 C ₂	8	-0.197				1-6 10.0~12.0	38	-0.015			
	1-7 D ₁	5	0.061				1-7 12.0 以上	46	-0.081			
	1-8 D ₂	11	0.102			コ ン パ ク シ ョ ン ・ パ イ ル	2-1 0.0~2.0	29	0.172	0.326	0.203	
	1-9 E	39	0.003				2-2 2.0~3.0	80	0.006			
地区性	2-1 都 市 部	121	-0.013	0.030	0.037	2-3 3.0~4.0	48	-0.044	0.326	0.203		
	2-2 郊 外	53	0.017			2-4 4.0~5.0	26	-0.154				
盛 土 用 途	3-1 道 路 用	148	-0.062	0.229	0.205	2-5 5.0~6.0	20	0.050	0.326	0.203		
	3-2 取 填 用	53	0.127			2-6 6.0 以上	14	-0.022				
	3-3 取 付 道 路	14	0.167			3-1 0.0~10.0	7	-0.395				
	3-4 そ の 他	2	0.054			3-2 10.0~20.0	9	0.035				
含 水 比	4-1 0~200	29	0.077	0.239	0.174	強 制 量	3-3 20.0~30.0	27	-0.119	0.543	0.237	
	4-2 200~400	60	0.122				3-4 30.0~40.0	25	-0.057			
	4-3 400~600	66	-0.052				3-5 40.0~50.0	29	-0.055			
	4-4 600~800	40	-0.093				3-6 50.0~60.0	29	0.028			
	4-5 800~1000	19	-0.117				3-7 60.0~70.0	34	-0.015			
	4-6 1000 以上	3	-0.036				3-8 70.0~80.0	25	0.098			
軟 弱 層 厚	5-1 0.0~3.0	46	0.364	0.552	0.398		荷 重 強 度	3-9 80.0~90.0	26	-0.054	0.901	0.511
	5-2 3.0~4.0	24	0.038					3-10 90.0~100	6	0.148		
	5-3 4.0~6.0	93	-0.112					4-1 0.0~2.0	21	-0.394		
	5-4 6.0~8.0	35	-0.171					4-2 2.0~4.0	61	-0.145		
	5-5 8.0~10.0	10	0.045			4-3 4.0~6.0		47	0.106			
	5-6 10.0 以上	9	-0.188			4-4 6.0~8.0		36	0.507			
						4-5 8.0~10.0		21	-0.111			
						4-6 10.0 以上		31	-0.121			

したがって、的中率が80.0%ということは、9要因を用いて計算した地盤判定値が0.0を越えれば、その泥炭地盤はサンドコンパクション・パイル工法を行なうことにより、80.0%の確率で安定であるということである。

図-2 判別グラフの一例

5. あ と が き

数量化理論第2類を用いることによって、泥炭地盤対策工法選定の指標となる泥炭地盤の工学的分類が可能となることが判った。今後は、さらにデータの補足収集を行なうとともに、レンジ、偏相関係数をもとに、要因数のふるいわけを行ない、要因の寄与の程度をより明確にしたい。また、要因区分にあたっては、データを適切に調整したうえで分散分析、仮説検定を行ない要因区分方法を確立し、さらに解析をすすめていきたい。それによって、地盤処理工法に応じたより精度の高い泥炭地盤の判別が可能となり、実用的な泥炭地盤の分類ができるものと考えらる。

