

N値のばらつきを考慮した改良地盤の液状化強度評価に関する研究

岐阜大学工学部 学生員 ○船津 成人
 岐阜大学工学部 正会員 本城 勇介
 不動建設(株) 正会員 原田 健二
 不動建設(株) 正会員 鈴木 亮彦

1. 研究目的

本研究は、直下型のL2レベル地震動が襲ったポートアイランド、六甲アイランドの種々の埋め立て地盤(無処理地盤、SD:サンドドレーン、RC:ロッドコンパクション、SCP:サンドコンパクションパイル)のN値測定結果と、液状化被害の関係を説明する、N値のばらつきを考慮した最適の指標を見つけることを目的としている。このことを通じて、ばらつきをもって分布している地盤のN値の目標値を満足する割合と被害がどのような関係にあるのかを分析する。そして、N値のばらつきが液状化強度に与える影響を調べ、最終的には施工管理の方法に結び付けることを目的としている。

2. 解析方法

表-1に示すように、それぞれのゾーンに非改良、改良域を含んだポートアイランド1期、2期、六甲アイランドについてそれぞれ10、4、6地域にゾーン分けされたデータがある。これを次に示す手順で解析する。

2.1 N値のばらつきの特性の把握

N値のばらつきの構造を無処理地盤と、改良地盤(SD, RC, SCP)について調べるためにゾーンごとに解析していく。解析は、換算N値、またN値が対数正規分布に近い場合も考えられるので、N値の自然対数をとったもの、換算N値の自然対数をとったものについてそれぞれ最小二乗法により回帰直線を推定する。

そうして、トレンド成分とランダム成分に分離し、自己相関関数(短期変動成分と長期変動成分)の解析を行う。自己相関関数の推定では、ばらつきの短期変動成分と長期変動成分の分離が可能かどうか検討する。求められた回帰モデル($N = a + bz$:モデル1)とその他のモデル($N = N$ 値の平均:モデル0)の、妥当なモデル選択については、情報量規準(AIC)を用いて検討する。

さらに、自己相関構造とトレンド成分を同時に推定する方法についても適用を試みる。その一例(六甲アイランド、ゾーン8、事後)を表-2に示す。考察については、講演時に譲る。

表-1 分析に使用したデータ数と設定値

ゾーン ()はゾーン数	ポートアイランド						六甲アイランド (6)			
	1期(10)			2期(4)						
	非改良	SD	RC	非改良	SD	非改良	SD	SCP		
データ数	ボーリング数(本)	53	15	39	12	12	72	50	18	
	ボーリング計(本)	107			24			140		
	N値データ数(個)	659	158	409	203	199	744	748	177	
	N値データ計(個)	1,226			402			1,669		
設定値	細砂含有率 $F_c(\%)$	15			30			30(一部50)		
	平均粒径 $D_{50}(\mu)$	砂質土: 1.0 (mm)								
		砂質土、まさ土: 2.0 (mm)								
	地盤面最大加速度 $\alpha_{max}(\text{gal})$ ()は設計水平地震	500 (0.5)			400 (0.4)			400 (0.4)		

SD: サンドドレーン } 排水工法
 RC: ロッドコンパクション }
 SCP: サンドコンパクションパイル } 固め工法

2. 2 液状化強度とN値のばらつきに関する解析

2. 1の分析結果を踏まえ、N値に関して沈下量を説明する最適の指標を見つけ、液状化被害状況を表す沈下量との対応関係をみる。また、地盤の液状化強度をN値の何らかの関数、液状化安全率FL等の指標で表し、沈下量との対応関係をみる。そしてこれらの中から有力な指標を、抽出、提案する。さらにこのとき、無処理地盤とSCPによる地盤でのキャリブレーション値に、SCPによる地盤では常に杭間で調査していることによる影響がないということにも注意し補正する。そして解析結果への細粒分含有率FC、平均粒径D50、地表面最大加速度 α_{max} の影響を感度分析により検討する。

最適な指標の候補としては、次のようなものが考えられる。

- ・平均換算N値
 - ・平均換算N値と標準偏差の関数
 - ・平均換算N値（深度ごとの重み付き平均）
 - ・平均換算N値と標準偏差の関数（深度ごとの重み付き平均）
 - ・平均換算N値と標準偏差（ホワイトノイズ成分を除去）
 - ・平均換算N値と標準偏差（深度ごとの重み付き平均、ホワイトノイズ成分を除去）
- などがあげられる。

2. 3 最尤法による解析

2. 1で行った解析と同じ目的を、ここでは、最尤法を用いて解析する。

詳しくは、講演時に譲る。

参考文献

第24回地震工学研究発表会講演文集（1997年7月）pp273～276 松尾修ら レベル2地震動における改良地盤の評価に関する実証的研究。

鈴木義一郎 情報量規準による統計解析入門

表 - 2

N値を使ったDATA

Bor.no	a	b	V(1)	AIC(1)	N_ave	V(0)	AIC(0)	r
9.1a	10.47	0.74	69.98	60.69	18.88	81.61	59.92	0.38
9.2a	19.36	-0.22	141.34	66.31	16.88	142.36	64.37	-0.06
9.3a	25.78	-0.82	85.58	62.3	16.5	99.75	61.52	-0.38
9.4a	-0.14	1.58	92.79	62.95	17.75	145.44	64.54	0.60
9.5a	6.13	0.82	59.45	52.46	15.71	74.49	52.04	0.45
9.6a	3.33	0.88	17.58	49.84	11	27.25	51.14	0.60
9.7a	3.97	1.20	103.38	71.29	16.33	141.78	72.13	0.52
9.8a	12.69	-0.08	36.90	49.12	11.71	37.06	47.15	-0.07
9.9a	5.80	0.30	14.59	53.66	8.89	16.99	53.03	0.38
9.10a	1.39	0.52	34.96	112.67	7.29	41.50	113.58	0.40
9.11a	18.95	-0.17	144.07	152.36	17.16	144.98	150.47	-0.05
	9.79	0.41	77.09	779.75	14.05	89.27	793.59	0.00

換算N値を使ったDATA

Bor.no	a	b	V(1)	AIC(1)	N_ave	V(0)	AIC(0)	r
9.1a	20.83	-0.30	60.23	59.49	17.48	62.07	57.73	-0.17
9.2a	23.72	-0.75	110.31	64.33	15.25	122.11	63.14	-0.31
9.3a	33.89	-1.53	93.99	63.05	16.65	142.91	64.4	-0.59
9.4a	4.77	0.95	80.70	61.83	15.54	99.77	61.53	0.44
9.5a	10.89	0.26	40.92	49.85	13.97	42.47	48.11	0.19
9.6a	6.92	0.26	11.52	46.26	9.85	12.93	45.18	0.33
9.7a	8.33	0.65	98.61	70.86	15.04	109.93	69.84	0.32
9.8a	17.71	-0.58	45.25	50.55	10.87	52.91	49.65	-0.38
9.9a	9.55	-0.08	18.24	55.67	8.74	18.40	53.75	-0.08
9.10a	2.98	0.29	27.74	108.73	6.25	29.75	107.92	0.26
9.11a	33.92	-1.34	267.84	164.14	20.07	322.06	165.84	-0.41
	15.77	-0.20	93.24	800.29	13.65	110.80	816.92	-0.04

ln(N値)を使ったDATA

Bor.no	a	b	V(1)	AIC(1)	N_ave	V(0)	AIC(0)	r
9.1a	2.51	0.03	0.16	11.87	2.84	0.18	10.76	0.32
9.2a	2.76	-0.02	0.45	20.39	2.59	0.46	18.47	-0.10
9.3a	3.05	-0.04	0.36	18.6	2.61	0.39	17.26	-0.28
9.4a	0.74	0.15	0.53	21.6	2.49	1.03	24.95	0.70
9.5a	1.93	0.06	0.15	10.69	2.63	0.23	11.64	0.59
9.6a	1.52	0.07	0.15	11.46	2.28	0.25	13.45	0.63
9.7a	1.42	0.11	0.30	18.62	2.51	0.60	22.91	0.71
9.8a	2.19	0.01	0.20	12.64	2.35	0.21	10.78	0.14
9.9a	1.52	0.05	0.25	17.04	2.05	0.32	17.22	0.48
9.10a	0.56	0.10	0.34	33.69	1.68	0.58	40.84	0.64
9.11a	2.46	0.01	0.62	48.72	2.57	0.62	48.82	0.07
	1.88	0.05	0.35	197.72	2.37	0.47	228.05	0.35

ln(換算N値)を使ったDATA

Bor.no	a	b	V(1)	AIC(1)	N_ave	V(0)	AIC(0)	r
9.1a	2.93	-0.01	0.17	12.38	2.77	0.17	10.58	-0.16
9.2a	3.11	-0.06	0.45	20.39	2.47	0.52	19.5	-0.36
9.3a	3.49	-0.08	0.37	18.88	2.55	0.51	19.35	-0.53
9.4a	1.19	0.11	0.51	21.33	2.43	0.77	22.57	0.58
9.5a	2.38	0.01	0.15	10.37	2.55	0.15	8.61	0.18
9.6a	1.95	0.02	0.14	11.07	2.22	0.15	9.7	0.28
9.7a	1.90	0.06	0.29	18.25	2.51	0.38	18.77	0.50
9.8a	2.60	-0.03	0.20	12.71	2.24	0.22	11.38	-0.30
9.9a	2.01	0.00	0.25	18.92	2.05	0.25	14.93	0.03
9.10a	0.98	0.06	0.32	33.04	1.6	0.40	34.65	0.44
9.11a	3.09	-0.04	0.62	48.82	2.66	0.67	48.35	-0.28
	2.33	0.00	0.35	196.58	2.33	0.41	213.42	0.03

Bor.no : ボーリングナンバー
 a : 切片
 b : 傾き
 V(1) : モデル1の分散
 AIC(1) : モデル1のAIC
 N、N1、N2、N3 : (換算)N値の平均
 V(0) : モデル0の分散
 AIC(0) : モデル0のAIC
 r : 相関係数