

鋼板セル式岸壁の遠心場模型実験の3次元地震応答解析によるシミュレーション

パシフィックコンサルタンツ株式会社 (早稲田大学) 正会員 ○佐藤 成
早稲田大学 フェロー会員 清宮 理

1. はじめに 本検討では、レベル2地震時における挙動の把握と適切な性能の評価を目的として、昨年⁵⁾に引き続き、軟弱な表層地盤に建設される大水深(約20m)の鋼板セル式岸壁(直径24m、高さ30m)を模擬した遠心場の模型実験を対象に、3次元地震応答解析(FLIP3D²⁾³⁾によるシミュレーションを試みた。

2. 遠心模型実験の概要 文献1)に示される遠心場模型振動実験を対象とした。図1に実験平面、断面図および計器の設置状況を示す。基礎地盤はSCP改良およびCDM改良を模擬した相対密度80%に調整した相馬珪砂6号であり、CDM改良部は乾燥重量比5%のジェットセメントを添加攪拌したものである。中詰め材、盛石、敷石、裏込石、埋立土は各々表1に示す特性を有する材料が用いられている。また、セルおよびアークは厚さ0.3mmのステンレス板を加工して用いており、アーク部とセル殻はねじで接合されている。

加振に用いた加速度時刻歴波形を図2に示す。実験は50Gの遠心場で実施された。

■ 加速度計
→ 変位計

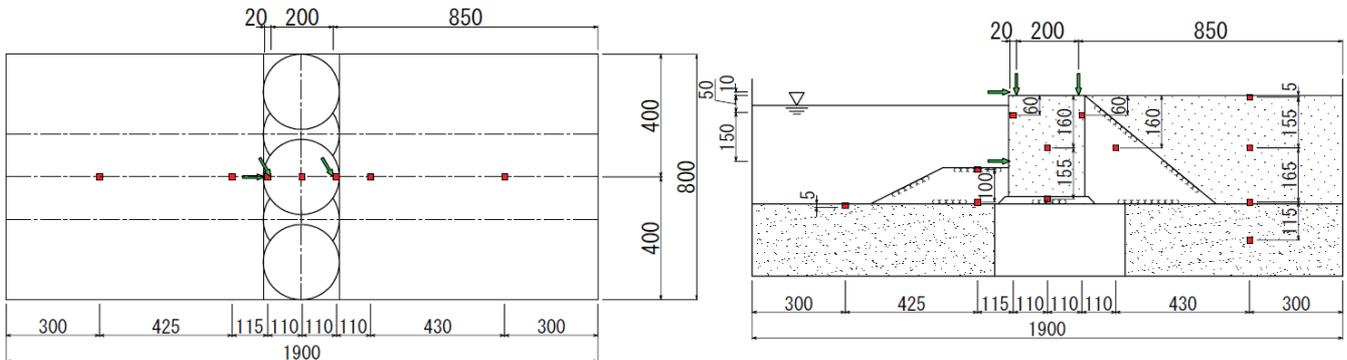


図1 模型実験平面図および断面図

表1 地盤物性値一覧表

	単位体積重量	水中単位体積重量	基準有効拘束圧	基準初期せん断剛性	基準初期体積剛性	粘着力	内部摩擦角	間隙率	最大減衰
	γ_t	γ_t'	σ_{m0}'	G_{m0}	K_{m0}	C	ϕ	n	h max
	(kN/m^3)	(kN/m^3)	(kN/m^2)	(kN/m^2)	(kN/m^2)	(kN/m^2)	(度)		
埋立て地盤(水面上)	18.86	18.86	65.3	74212	193533	0.0	38.5	0.440	0.240
埋立て地盤(水面下)	18.86	8.86	65.3	74212	193533	0.0	38.5	0.440	0.240
中詰め(水面上)	18.79	18.79	68.5	18895	49275	0.0	41.2	0.444	0.240
中詰め(水面下)	18.79	8.79	68.5	18895	49275	0.0	41.2	0.444	0.240
前面捨石	20.30	10.30	21.2	116146	302890	0.0	55.1	0.351	0.300
敷石	21.05	11.05	118.8	63288	165046	0.0	55.1	0.304	0.300
護岸裏込	20.13	10.13	97.1	60519	157823	0.0	53.9	0.361	0.300
海側海底地盤	18.87	8.87	36.6	139036	362584	0.0	38.5	0.439	0.240
陸側海底地盤	18.86	8.86	138.4	196651	512835	0.0	38.5	0.440	0.240
セメント改良土	18.87	8.87	157.4	251175	655024	192.1	0.0	0.440	0.240

3. 3次元地震応答解析 3次元有効応力解析プログラム FLIP3D³⁾を用いたシミュレーションを行った。表1に示す物性値は室内試験結果を用いている。せん断剛性は微小振幅のランダム加振によって得られた卓越周波

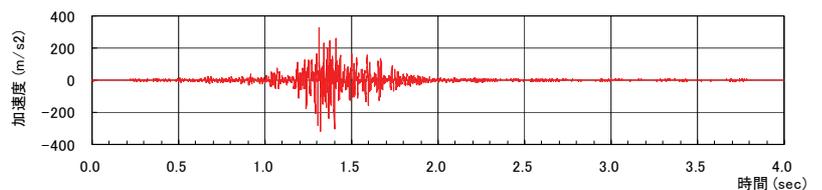


図2 入力地震動波形

数より計算されるせん断波速度より設定した。最大減衰定数は試験結果がないため0.24程度の一般的に使用

キーワード 鋼板セル式岸壁, 耐震強化施設, 3次元地震応答解析, 遠心载荷試験

連絡先 〒163-6018 東京都新宿区西新宿6丁目8番1号 パシフィックコンサルタンツ(株) TEL03-5989-8314

される値を適用した。セルおよびアークのモデルは、板要素と平面応力要素を組み合わせた平面要素を用い、土要素との接触面にはジョイント要素を設置した。土要素は3次元に拡張されたマルチスプリング要素²⁾³⁾とした。前面と背面および底面は固定境界、側面は循環境界とした。なお、コンピュータの計算能力に配慮して2次元モデルと比較してメッシュを粗めに分割し、図-2に示す入力地震動を初期の0.5secと後半の1secを削除し、かつ、時間刻み0.0005secを0.001secとした。減衰は $\alpha=0$, $\beta=0.0002$ (2次元では0.00004)の条件でレーレー減衰を適用した。

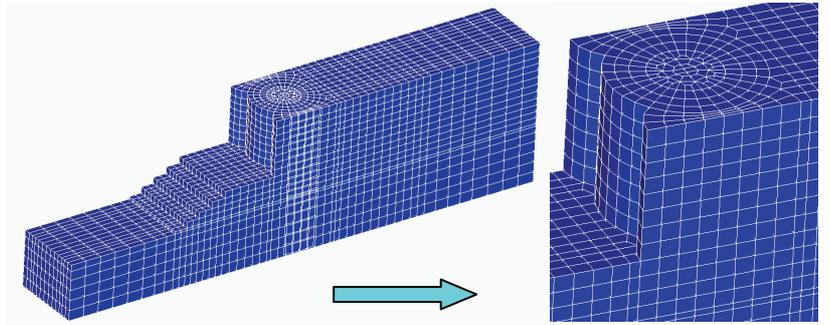


図3 3次元モデル図(左:全体図,右:拡大図)

4. 実験と解析結果の比較 図4に示す位置の主な応答結果を表2, 図5の位置でのひずみを表3に一覧で示す。全般的に解析結果の方が小さい傾向である。

表2 主な応答値比較

	実験結果(m/s ²)		解析結果(m/s ²)	
	最大値	最小値	最大値	最小値
AC1(33077)	292	-440	202	-210
AC21(28273)	212	-216	165	-193
AC3(2154)	342	-361	209	-226
AC41(6262)	271	-238	185	-194
AC5(2138)	281	-298	206	-230
AC6(26435)	199	-215	171	-181
AC71(20603)	350	-249	146	-154
計測位置	実験結果(mm)		解析結果(mm)	
	最大値	残留値	最大値	残留値
DH31(24)	-14.7	-11.1	-7.52	-5.63
DH32(7024)	-12.4	-6.14	-5.05	-3.80
DV3(2154)	-3.89	-2.69	-1.92	-1.46
DV5(4982)	3.20	1.85	0.99	0.73

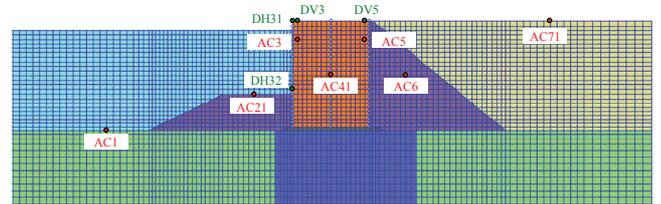


図4 着目点位置(2次元表示)

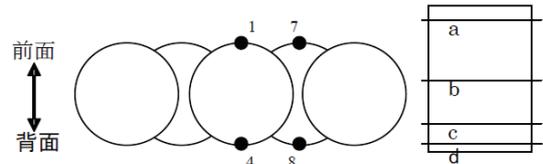


図5 着目点(ひずみ)

表3 セル殻ひずみ比較一覧

初期ひずみ	位置	初期ひずみ				加振時ひずみ(実験)						加振時ひずみ(解析)					
		円周方向ひずみ(μ)		鉛直方向ひずみ(μ)		円周方向ひずみ(μ)		鉛直方向ひずみ(μ)		円周方向ひずみ(μ)		鉛直方向ひずみ(μ)		円周方向ひずみ(μ)		鉛直方向ひずみ(μ)	
		実験	解析	実験	解析	最大	最小	残留	最大	最小	残留	最大	最小	残留	最大	最小	残留
a-1	-5.0セル前面	32	37	-29	-9	196	-22	59	16	-108	-35	184	-45	75	16	-51	-21
a-4	-5.0セル背面	-15	4	-1	-1	77	-106	-13	66	-83	-7	157	-81	22	29	-45	-1
a-7	-5.0アーク前面	13	12	-25	-4	60	3	25	-20	-69	-41	46	-14	20	6	-25	-12
a-8	-5.0アーク背面	-6	2	-5	0	24	-48	-7	32	-22	1	50	-20	8	26	-30	-1
b-1	-16.0セル前面	66	81	-54	-26	231	-38	80	9	-173	-58	297	-56	133	41	-151	-61
b-4	-16.0セル背面	-59	20	38	4	-16	-286	-39	332	-74	31	99	-37	29	45	-84	6
b-7	-16.0アーク前面	11	37	-22	-7	108	-15	28	3	-203	-101	82	-7	43	65	-111	-27
b-8	-16.0アーク背面	-1	6	5	8	27	-20	8	61	-119	4	33	-32	-8	83	-120	-4
c-1	-24.5セル前面	10	66	-148	-46	86	-331	-38	52	-328	-159	217	42	144	74	-237	-85
c-4	-24.5セル背面	53	32	102	16	147	-128	68	194	-30	75	186	6	110	74	-109	6
c-7	-24.5アーク前面	-21	25	-45	-37	20	-134	-16	-2	-252	-84	58	-2	36	112	-173	-35
c-8	-24.5アーク背面	9	0	51	25	41	-30	0	111	-73	61	30	-55	-21	121	-140	17
d-1	-29.5セル前面	-41	36	-138	-58	112	-193	16	11	-391	-251	276	36	171	85	-254	-101
d-4	-29.5セル背面	54	54	66	17	237	-199	74	181	-62	19	355	-76	162	90	-94	19
d-7	-29.5アーク前面	-5	42	-26	-75	88	-38	12	33	-367	-96	233	-82	97	118	-217	-66
d-8	-29.5アーク背面	5	7	66	38	40	-65	-4	119	-18	70	48	-42	-9	180	-110	59

5. おわりに 3次元地震応答解析によってセル殻の円周方向および鉛直方向のひずみ挙動をある程度再現することができたが、十分な精度とは言えず、今後、解析パラメータなどの見直しを行い再現性についてさらに検討することが必要である。

参考文献 1)竹信, 菅野, 諸星, 鈴木:セル式係船岸の地震時挙動に関する遠心力場模型振動実験, 土木学会第63回年次学術講演会3-020, pp39-40, 2008 2)Iai,S.,Matsunaga,Y. and Kameoka,T.:Strain space plasticity model for cyclic mobility, Report of Port and Harbour Research Institute, Vol.29, No.4, pp.27-56, 1990 3)Iai, Ozutsumi :Yield and cyclic behavior of a strain space multiple mechanism model for granular materials ,Int. J. Numer. Anal. Meth. Geomech.. No.29 ,pp417-442,2005 4)菅野, 北村, 森田, 油井:鋼板セルの地震時挙動に関する研究, 第10回日本地震工学シンポジウム, E-3, pp1867-1872, 1998 5)佐藤, 竹信, 小濱, 清宮:鋼板セル式岸壁の地震時挙動に関する研究, 構造工学論文集 Vol.55A, pp435-448, 2009 6)佐藤, 清宮:鋼板セル式岸壁の遠心模型実験のシミュレーション,土木学会第65回年次学術講演会□-657, pp1313-1314