

1. まえがき

1978年6月12日発生した宮城県沖地震によって、石巻工業港は岸壁背後の埋込土砂の流動化(液状化)によって多大の被害を受けた。又最近では、1983年5月26日秋田県沖で発生した日本海中部地震により、秋田港も又同じ理由により、多大の被害を受けた。本論文では石巻工業港の復旧後の地盤調査結果を用い、2, 3の簡易な流動化判定の方法を適用して流動化防止策を検討した。又秋田港の研究結果も合わせて考察し、簡易な判定方法についても若干の考察を行った。

2. 簡易判定法による流動化の検討

表-1に石巻工業港の復旧後の地盤調査結果と2, 3の簡易な流動化判定結果を示した。表中、地表最大水平加速度は、宮城県沖地震を想定して300galとした。又平均粒径は、地盤調査結果の粒度分布より読み取った値である。潮位は石巻工業港の平均海面(T.P.+0.1855m)とした。なお、全応力、有効応力の算出に使用した単位体積重量は参考文献4, P307に依り、表土については $\gamma = 1.7$, 砂質土については $\gamma = 1.9$ を用いた。簡易判定法の中の安全率は、シードの方法、岩崎・龍岡の方法共に、1以下の場合に流動化し、1以上の場合にはその地盤は流動化しないことを示している。

表-1によると、日和ふ頭には

表-1 石巻工業港

おいては、シードの方法では、宮城県沖地震の規模に対しては全地盤で流動化が起こるという結果になっている。ただ深さ

2.8 mの地盤では、流動化はするとはいえ、安全率が0.98となっており、極めて1に近い値を示している。岩崎・龍岡の方法によると、深さ2.3 m及び14.3 m~16.3 mでは流動化せず、その他の地盤では流動化するという結果が得られた。柴田の方法³⁾によると、深さ2.3 mの地盤までは流動化しないが、それ以下の地盤では流動化するという結果が得られた。柴田の方法は筆者が文献(1)に述べた理由により(石巻工業港も釜入江水際線内²⁾で大きな被害を受けている)、有効な判定方法と考えるものである。

以上の結果より、日和ふ頭においては、判定方法によって多ク

地 盤 条 件						シードの方法	岩崎・龍岡の方法	柴田の方法	
地 震 加速度	深さ (m)	N値	平均 粒径 (mm)	全応力 σ_v (kg/cm^2)	有効応力 σ'_v (kg/cm^2)	安全率	安全率	$\frac{1}{60}(\frac{N}{\sigma'_v})$ or $\frac{N}{60}$	液状化 or非液状化
日和ふ頭 No. 14 300gal	1.94								
	2.30	13	0.22	3.982	3.622	0.98	1.09	0.449	非
	4.30	6	0.14	7.782	5.422	0.24	0.69	0.138	液
	6.30	6	0.19	11.582	7.222	0.19	0.54	0.104	〃
	8.30	8	0.14	15.382	9.022	0.24	0.63	0.133	〃
	10.30	13	0.12	19.182	10.822	0.35	0.75	0.217	〃
	12.30	15	0.12	22.982	12.622	0.37	0.76	0.250	〃
	14.30	10	0.012	26.782	14.422	0.23	1.16	0.166	〃
	15.30	14	0.035	28.682	15.322	0.31	1.01	0.233	〃
	16.30	13	0.015	30.582	16.222	0.28	1.18	0.217	〃
中ふ頭 No. 8 300gal	1.94								
	2.30	6	0.29	3.982	3.622	0.44	0.70	0.207	液
	3.30	7	0.29	5.882	4.522	0.40	0.62	0.193	〃
	4.30	9	0.30	7.782	5.422	0.44	0.61	0.207	〃
	5.30	7	0.26	9.682	6.322	0.32	0.53	0.138	〃
	6.30	4	0.17	11.582	7.222	0.16	0.49	0.069	〃
	7.30	12	0.28	13.482	8.122	0.44	0.60	0.200	〃
	8.30	10	0.28	15.382	9.022	0.34	0.53	0.167	〃
	9.30	12	0.27	17.282	9.922	0.40	0.57	0.200	〃
	10.30	14	0.21	19.182	10.822	0.45	0.65	0.233	〃
	11.30	13	0.18	21.082	11.722	0.40	0.65	0.217	〃
	12.30	13	0.13	22.982	12.622	0.38	0.71	0.217	〃
	13.30	13	0.12	24.882	13.522	0.37	0.73	0.217	〃
	14.30	8		26.782	14.422	0.23	—	0.133	〃
	15.30	4	0.016	28.682	15.322	0.10	0.95	0.067	〃

の違いはあるが、流動化する地盤があることには変わりなく、現状では宮城県沖地震の規模の地震に対しては極めて危険であると考えられる。なお深さ2.3m地盤では異なる結果となったが(しかし0.98と極めて1に近い)、シードの方法と柴田の方法は、極めて似通った結果が得られていると思われる。

中島ふ頭については、上記いずれの方法によっても、全ての地盤で流動化が発生するという結果が得られた。しかし詳細に検討してみると、シードの方法と岩崎・龍岡の方法では安全率が後者の方が全て大きく、かなり異なった内容を示しているように思われる。

3. 簡易判定法の若干の考察

表-2、表-3に秋田港における判定結果を示す(詳細は文献(1)を参照)。先にも述べたように、これらによっても、シードの方法と柴田の方法はかなり似通った結果を示しており又実際の現象とも良く合っている。このことは液状化抵抗とN値を直接結びつける、柴田の方法は、かなり有効な方法であると考えられる。

4. 結 論

(1) 石巻工業港の現状では、宮城県沖地震規模の地震では流動化する可能性が極めて強い。

(2) シードの方法と柴田の方法は極めて似通った結果を示し、計算が簡単な柴田の方法は極めて有効な判定方法と考えられる。

(3) 現在の港湾設計基準⁵⁾では、粒度分布とN値によって流動化防止対策を講じているが、粒度分布は石巻工業港、秋田港共、全んどが「時に流動化の可能性あり」の範囲内にあり、あまり有効とは認められず、(2)の理由により、N値が管理する方法が有効であると考えられる。

〈参考文献〉

- 1) 西沢勝, 岩崎敏夫 ; 秋田港岸壁背後の埋込み土砂の流動化に関する考察, 昭和58年度災害科学東北地区部会
- 2) 岩崎敏夫, 西沢勝 ; 港湾・埋港の被害, 1978年宮城県沖地震による被害の総合的調査研究, 昭和59年度自然災害特別研究(1)
- 3) 柴田徹 ; 砂地盤の液状化抵抗とN値, 第16回土木工学研究発表会(1981)
- 4) 土木学会編 ; 新体系土木工学, 土の力学Ⅲ, 技報堂
- 5) 日本港湾協会 ; 港湾構造物設計基準

表-2 秋田港

地 盤 条 件						シードの 方法	岩崎・龍岡 の方法	柴田の方法	
①	②	③	④	⑤	⑥	$F_e = \frac{①}{⑥}$	$F_e = \frac{⑦}{⑧}$	⑨	⑩
地 点	深さ	N値	平均粒径	全応力	有効応力	$F_e = \frac{①}{⑥}$	$F_e = \frac{⑦}{⑧}$	⑨	⑩
加速度	($\frac{Z}{m}$)		D50(mm)	$\sigma_v(tf/m^2)$	$\sigma'_v(tf/m^2)$	安全率	安全率	⑨	⑩
大 浜 1 号	1.104	—							
	1.3								
	2.3	10	0.6	4.149	2.953	0.90	0.73	0.423	非
	3.3	18	"	6.049	3.853	1.26	0.91	0.583	"
	4.3	20	0.75	7.949	4.753	1.24	0.88	0.526	"
	5.3	23	"	9.849	5.653	1.33	0.90	0.509	"
	6.3	25	0.4	11.749	6.553	1.38	0.99	0.477	"
	7.3	24	"	13.649	7.453	1.19	0.94	0.403	"
	8.3	27	0.55	15.549	8.353	1.22	0.88	0.450	"
	9.3	28	"	17.449	9.253	1.28	0.88	0.467	"
222gal (流動化なし)	10.3	28	0.53	19.349	10.153	1.18	0.86	0.467	"
	11.3	13	"	21.249	11.053	0.53	0.54	0.217	液
	12.3	24	0.11	23.149	11.953	0.98	1.19	0.400	非
	13.3	34	"	25.049	12.853	1.31	1.35	0.567	"
	14.3	39	0.14	26.949	13.753	1.53	1.34	0.650	"
	15.3	37	"	28.849	14.653	1.41	1.32	0.617	"
	16.3	38	0.17	30.749	15.553	1.42	1.27	0.633	"
	17.3	40	"	32.649	16.453	1.48	1.31	0.667	"

表-3 秋田港

地 盤 条 件						シードの 方法	岩崎・龍岡 の方法	柴田の方法	
①	②	③	④	⑤	⑥	$F_e = \frac{①}{⑥}$	$F_e = \frac{⑦}{⑧}$	⑨	⑩
地 点	深さ	N値	平均粒径	全応力	有効応力	$F_e = \frac{①}{⑥}$	$F_e = \frac{⑦}{⑧}$	⑨	⑩
加速度	($\frac{Z}{m}$)		D50(mm)	$\sigma_v(tf/m^2)$	$\sigma'_v(tf/m^2)$	安全率	安全率	⑨	⑩
向 浜 3 号	2.184								
	2.5	20	0.44	4.313	3.997	2.03	1.51	0.625	非
	3.5	11	0.50	6.213	4.897	0.92	0.85	0.281	"
	4.5	12	0.55	8.113	5.797	0.84	0.77	0.259	液
	5.5	6	0.25	10.013	6.697	0.39	0.70	0.112	"
	6.5	14	0.43	11.913	7.597	0.84	0.58	0.233	"
	7.5	16	0.80	13.813	8.497	0.84	0.71	0.267	"
	8.5	3	0.01	15.713	9.397	0.16	1.42	0.050	"
	9.5	14	0.60	17.613	10.297	0.65	0.59	0.233	"
	10.5	8	0.80	19.513	11.197	0.35	0.41	0.133	"
222gal (流動化なし)	11.5	15	0.10	21.413	12.097	0.64	1.11	0.250	"
	12.5	28	0.27	23.313	12.997	1.17	1.10	0.467	非
	13.5	33	0.18	25.213	13.897	1.30	1.26	0.550	"
	14.5	31	0.20	27.113	14.797	1.26	1.19	0.517	"
	15.5	33	0.18	29.013	15.697	1.28	1.24	0.550	"
	16.5	35	0.18	30.913	16.597	1.31	1.28	0.583	"
	17.5	34	0.16	32.813	17.497	1.28	1.29	0.567	"