

津波による防波堤下部の洗掘に関する研究

(独) 港湾空港技術研究所 正会員 ○ 鷺崎 誠, 有川 太郎

1. 研究背景

1.1 背景

1993年に発生した北海道南西沖地震津波では、奥尻港の防波堤開口部において、海底面や基礎マウンドの洗掘によりケーソンが倒壊するという被災が発生した。これらについての被災再現実験は行われているが、海底面の洗掘までは再現されておらず、津波による防波堤下部の洗掘メカニズムは明らかになっていない。

1.2 研究目的

本研究では、津波における防波堤下部の海底面の移動状況および洗掘メカニズムの解明を目的として、津波による防波堤下部の洗掘に関する大規模実験を行った。

2. 研究方法

2.1 実験方法

実験は、図1に示すとおり、大規模波動地盤総合水路（延長184m、深さ12m、幅3.5m）を用い、海底面に見立てた4mの砂地盤層の上に方塊（縦1.1m×横0.9m×高さ1m、4t）を並べ、津波作用後における方塊周辺の洗掘量の計測を行った。実験ケースは表1のとおりである。計測機器は、図1および図2に示すとおり波高計・流速計・間隙水圧計を設置した。洗掘量については、図3に示す地点の実験前後の地盤高計測から求めており、先頭方塊隅の下部の洗掘量については、実験後にコンベックスにて計測を行った。また、写真2に示すとおり、先頭方塊の下部に設けた観測部の中に水中カメラを設置し、洗掘状況の確認を行った。

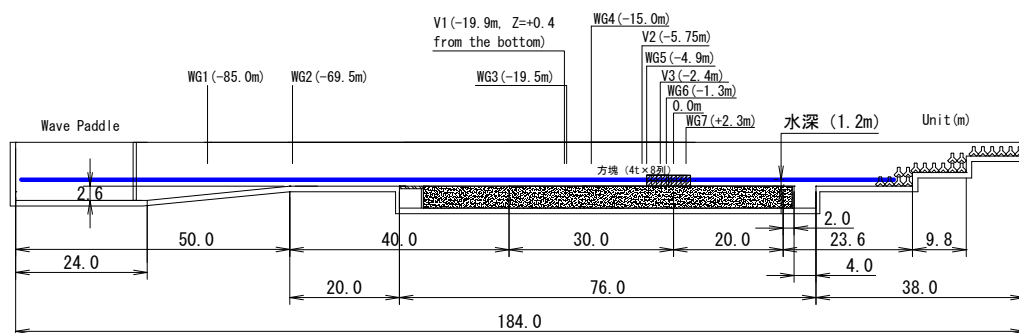


図1 大規模波動地盤総合水路

水深(m)	初動	方塊個数(個)	片周期(秒)	ストローク(cm)
1.2	押し波	8個並び×2段	10	500
			20	600
			30	800
			40	1000
			50	700
			60	800
			70	900
			80	1000
			90	1000
			100	1000

表1 実験ケース



写真1 計測機器設置状況



写真2 先頭方塊観測部の様子

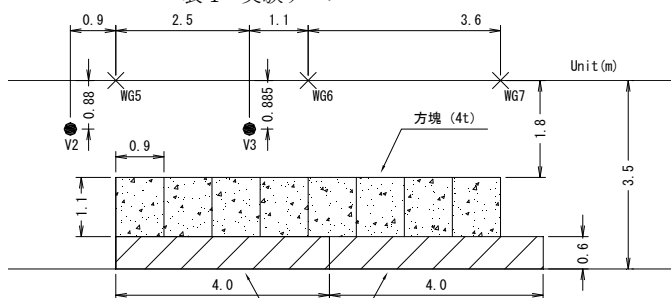


図2 計測機器（平面図）

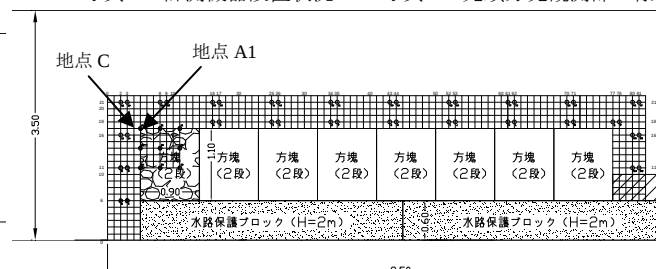


図3 地盤高計測地点（平面図）

キーワード 津波, 防波堤, 洗掘, 被災, 大規模実験

連絡先 〒239-0826 神奈川県横須賀市長瀬 3-1-1 耐波研究チーム TEL046-844-5043

2.2 実験結果

(1) 最大洗掘量と洗掘状況

写真3は、片周期20秒・ストローク1000cm作用前後の方塊の状況である。津波の作用により、先頭方塊下部の隅が洗掘し、それにより方塊が傾斜した。図4は、方塊周辺の洗掘量を示したものである。先頭方塊下部の隅付近での洗掘が大きく洗掘しており、最も洗掘した地点はA1（開口部入り口）であり、洗掘量は213mmであった。表2は、全ケースにおける最大洗掘量およびその地点である。波浪条件が異なっても、同じ地点にて最大洗掘が見られた。



写真3 津波作用前後の方塊の状況（左：前，右：後）

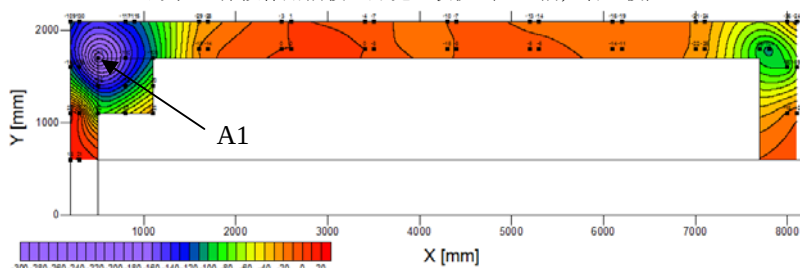


図4 方塊周辺の洗掘量

実験No.	片周期(秒)	ストローク(cm)	最大洗掘量(mm)	最大洗掘地点
1	10	500	137	A1
2		600	170	A1
3		800	160	A1
4		800	195	A1
5		1000	213	A1
6		1000	194	A1
7		700	147	A1
8		800	157	A1
9		900	165	A1
10		1000	198	A1
11		1000	165	A1

表2 最大洗掘量と地点

(2) 洗掘メカニズム

表3は、先頭方塊の位置における第1波目の最大流速（ $V2_{max}$ ）、最大津波高（ $WG5_{max}$ ）および第1波目作用後の地点Cの洗掘量（ $S1$ ）のデータであり、図5は、表3のうち $V2_{max}$ と $S1$ をプロットしたものである。流速計は砂地盤より40cm上部に設置している。洗掘量を計測した地点は、図3に示す地点A1を基準に造波板方向に20cm離れた位置であり、洗掘量は動画により確認している。図5に示すとおり、片周期20秒および30秒どちらも、流速が速くなるに連れて洗掘量が増えていることが分かる。また、実験No.2・No.11および実験No.3・4・10においては、ほぼ同じ流速であるが、それぞれ洗掘量が異なっており、片周期20秒に比べ片周期30秒の方が洗掘量が多かった。これは、津波の作用時間が長かったことが影響していることが考えられる。また、本実験における最大流速は、第1波目で計測されており、地点Cにおける第1波目による洗掘量は、表4に示すとおり、最大洗掘量に対し約48～115%であった。100%超のケースについては、津波作用後の水路内の反射により、第1波目の洗掘後に埋め戻されたと推測される。

実験No.	片周期(秒)	ストローク(cm)	最大流速 $V2_{max}$ (m/s)	最大津波高 $WG5_{max}$ (m)	洗掘量 $S1$ (mm)
1	10	500	1.349	0.928	35
2		600	0.979	0.511	55
3		800	1.212	0.812	80
4		800	1.204	0.830	115
5		1,000	1.538	1.055	-
6		1,000	1.481	1.072	-
7		700	0.877	0.307	85
8		800	0.926	0.361	90
9		900	1.073	0.412	95
10		1,000	1.205	0.482	125
11		1,000	1.015	0.483	100

表3 第1波目における最大流速および津波高と洗掘量

実験No.	片周期(秒)	ストローク(cm)	第1波目での洗掘量 $S1$ (mm)	最大洗掘量 S_{max} (mm)	第1波目によって 洗掘した割合(%)
1	10	500	35	73	47.9
2		600	55	93	59.1
3		800	80	100	80.0
4		800	115	133	86.5
5		1,000	-	152	-
6		1,000	-	107	-
7		700	85	87	97.7
8		800	90	92	97.8
9		900	95	103	92.2
10		1,000	125	141	88.7
11		1,000	100	87	114.9

表4 第1波目によって洗掘した割合

であった。100%超のケースについては、津波作用後の水路内の反射により、第1波目の洗掘後に埋め戻されたと推測される。

3. まとめ

本研究において、津波による防波堤下部の洗掘は、流速および津波の作用時間が影響を与えることが明らかになった。また、同じ津波条件での実験は2ケース行っており、地点毎での洗掘量に違いは見られたものの、方塊先頭部周辺が最も洗掘しており、洗掘の傾向を再現することができた。今後は、数値計算における津波による洗掘など、耐津波性能に関する計算手法の構築ならびに対策工法の検討を行う必要がある。

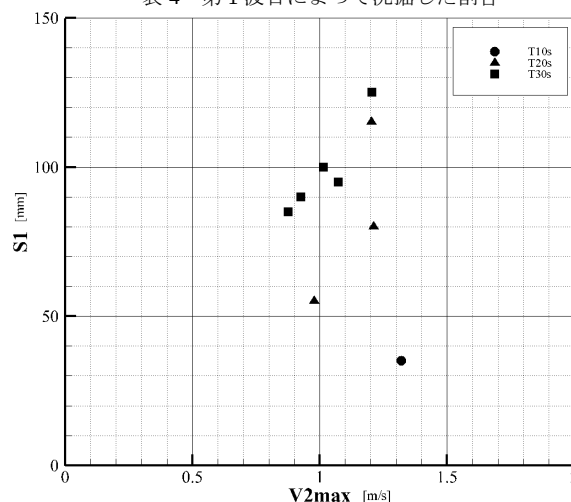


図5 先頭方塊の位置における最大流速と洗掘量の関係