

変動水圧の埋立砂内への伝播特性について

防衛大学校土木工学教室 学生員 横沼 実 正 員 重村 利幸
正 員 林 建二郎 正 員 藤間 功司

1. はじめに

近年の空港用地等として造成される洋上埋立地の護岸には、直接強大な波力を受けるケーソン式防波護岸が多く建造されている。しかし、台風や冬季の異常波浪時に、特に顕著に誘起される護岸背後埋立砂内の変動間隙水圧の影響によって埋立砂が流出する、いわゆる「吸い出し」災害が大きな問題となっている。本研究は、吸い出しメカニズムの解明につながる基礎的な研究として、埋立砂内への変動水圧の伝播特性について実験的に検討したものである。

2. 実験装置及び方法

実験には図-1に示すような長さ 20m、幅 0.3m、深さ 0.65m の二次元造波水路を用いた。模型縮尺は 1/30 とし表-1 のように模型断面諸元を決定した。埋立砂には平均粒径 $d_{50}=0.25\text{mm}$ 、比重 2.59、の珪砂 5 号を使用し、捨石マウンドには平均粒径 $d_{50}=10.0\text{mm}$ 、比重 2.70 の砂利を使用した。防波護岸の断面は港湾技術研究所で行われた同種の実験に用いられた標準断面並びに、これまでに被災が報告されている防波護岸の断面を参考にして基準断面を決定し、高さ 0.5m、幅 0.3m、奥行き 0.5m の木製のケーソン模型を作成した。なお、埋立砂部には層厚 0.4m、長さ 2.5m にわたって砂を入れた。一方、実験波にはできるだけ荒天時の波高を用いることにして、周期 $T=1.2\text{s}$ 、波高 $H=8.05\text{cm}$ 、及び $T=1.6\text{s}$ 、 $H=7.49\text{cm}$ 並びに $T=2.0\text{s}$ 、 $H=9.25\text{cm}$ の 3 種類の規則波を設定した。

実験はケーソン下部に粒径 $d_{50}=10.0\text{mm}$ の砂利を厚さ 7.0cm に敷き詰め、その上にケーソン模型をのせた場合（ケース 1）、マウンドの砂利の代わりに珪砂 5 号を厚さ 7.0cm に敷き詰め、その上にケーソン模型をのせた場合（ケース 2）、及びマウンドを設けずケーソン模型を直接水路上にのせ模型と片側の水路側壁との間に約 3mm の隙間を設けた場合（ケース 3）の 3 通りについて実験を行った。間隙水圧計は、ケーソン前面最下部に基準となる波圧計を設置し、ケーソンの下部では 12.5cm 間隔に 4 測点（ケース 1 及び 2）、埋立砂内部では水路の底面から鉛直方向に 7cm 毎に 35cm の位置まで 6 層、水路方向にケーソン背面直後から 10cm 毎に 50cm の位置まで 6 列の合計約 36 測点で変動間隙水圧を測定した。また、ケーソン前面に波高計を設置してケーソン前面の波高も同時に測定した。

表-1 実験諸元及び実験ケース

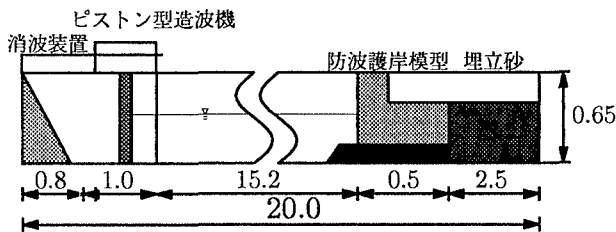


図 1 実験装置の側面図 単位(m)

模型断面諸元			
ケーソン模型	0.5 m(高さ) 0.3 m(幅) 0.5 m(奥行)		
マウンド	$d_{50}=10.0\text{mm}$ 、砕石、層厚7.0mm		
種類	$d_{50}=0.25\text{mm}$ 砂層、層厚7.0mm		
実 験	実験ケース1：マウンドが捨石の場合		
	実験ケース2：マウンドが砂層の場合		
種 類	実験ケース3：マウンドを設けない場合		
実験波諸元			
実験波	No.1	No.2	No.3
水深(cm)	35.0	35.0	35.0
波高(cm)	8.1	7.5	9.3
周期(秒)	1.20	1.60	2.00
相対水深	0.16	0.09	0.06
波形勾配	0.04	0.02	0.02

3. 測定結果及び解析

収集した計測データにはノイズが乗っていたため、これらはFFT法を用いて除去し、ノイズ除去したデータを用いて変動間隙水圧の振幅、およびケーソン前面で測定した前面波圧との位相差を求めた。

キーワード 変動間隙水圧、吸い出し、防波護岸、位相遅れ

〒239 横須賀市走水1丁目10番20号 TEL 0468-41-3810(内3524) FAX 0468-44-5913

図-2は、各測点での変動間隙水圧の振幅 P と、ケーソン前面下部から各測点までの到達距離 X の関係である。ただし、 P はケーソン前面下部で測定した変動水圧 P_1 で、また X は水深 h でそれぞれ無次元化して示してある。図よりケーソン下部と埋立砂内では変動間隙水圧の減衰が大きく異なることが分かる。また、実験ケース1、2ともケーソンの下部ではデータ数が少ないものの変動間隙水圧の減衰は小さく、ケース1で距離 $\frac{X}{h}$ の約0.01～0.04乗に比例して減衰し、ケース2では距離 $\frac{X}{h}$ の約0.04～0.65乗の割合で減衰している。一方、ケーソン背後の埋立砂内では、周期によって異なるが距離 $\frac{X}{h}$ の約3.00～4.00乗に比例して減衰し、ケーソン下部に比べて減衰が極めて大きい。

図-3は、各計測点で検出した位相差 Δt をそれぞれの周期 T で無次元化した $\frac{\Delta t}{T}$ と $\frac{X}{h}$ の関係を示している。位相差の場合も変動間隙水圧の場合と同じようにケーソン下部と埋立砂内で遅れの現れ方が大きく異なる。ケース1のケーソン下部でかなりのばらつきがみられるが、埋立砂内では全体的に高い相関が見られ、距離 $\frac{X}{h}$ の約1.00～1.50乗に比例して位相遅れが生じている。

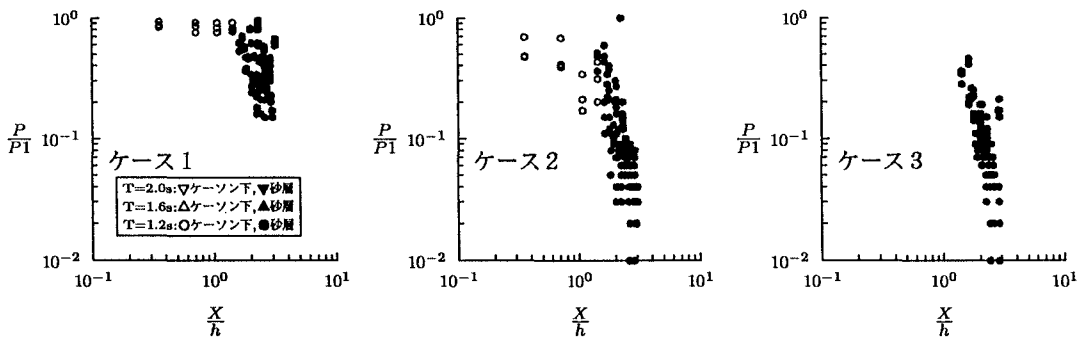


図2 $\frac{P}{P_1}$ と $\frac{X}{h}$ の関係

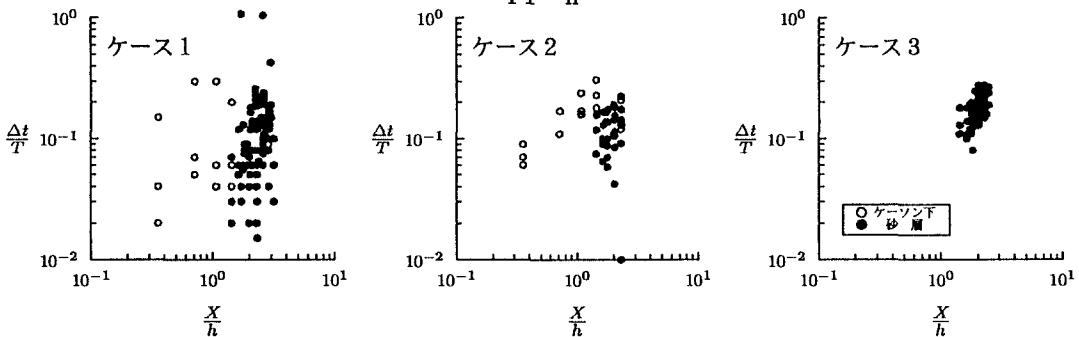


図3 $\frac{\Delta t}{T}$ と $\frac{X}{h}$ の関係

4. おわりに

本研究では、防波護岸前面の変動圧が背後の埋立砂内へ伝わる際の伝播特性の検討を行った。その結果、伝播距離に対する変動間隙水圧の減衰率はケーソン下部と埋立砂内では大きく異なり、埋立砂内では伝搬距離の3.0～4.0乗に比例することが明らかになった。また位相遅れについても、ケーソン下部と埋立砂内で大きな違いがみられ、埋立砂内では伝搬距離の1.0～1.5乗に比例して増大することが明らかになった。今後さらに実験ケース増やして研究を進めていく必要がある。

本研究を進めるにあたり、運輸省港湾技術研究所、耐波研究室長の高橋重雄氏、及び鈴木高二郎氏に御指導を戴いた。ここに記して深甚なる感謝の意を表する。

参考文献

- 1) 高橋ら 防波護岸の吸い出し災害のメカニズムに関する水理模型実験(1996) 海岸工学論文集第43巻 vol2, pp.666-670