

(II-89)

防衛大学校土木工学教室

学生員

横沼 実

滝口 和男

□

1.

正 理

重村 利幸

正員 林 建二郎

同

上

正 則

藤間 功司

1. はじめに

近年の空港用地等として造成された洋上埋立地では、防波堤を設けずに波力を受ける「防波護岸」が多く建造されている。これらの防波護岸にはケーソン式防波護岸が多用されているが、護岸背後に充填されている裏埋砂が変動圧の作用によって流出して大きな空洞が形成される、いわゆる「吸い出し被害」が顕在化し、その解決が急がれている。

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、裏埋砂層内における変動間隙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

実験は、長さ 20m、幅 0.3m、深さ 0.65m の両面ガラス張りの二次元造波水路を用いた。水路の一端には吸収式造波機、他端には防波護岸模型が設置されている。実験装置の諸元を図-1 に示す。防波護岸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た基準断面を想定し、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。模型縮尺は 1/30 としフルード則を参考にして表-1 のように実験諸元を決定した。これを現地波高に換算すると、実験波 No.1 は $T=16.57\text{s}$ 、 $H=2.4\text{m}$ 、No.2 は $T=8.76\text{s}$ 、 $H=2.3\text{m}$ 、No.3 は $T=11.0\text{s}$ 、 $H=2.8\text{m}$ の波になる。ケーソン部は高さ 0.5m、幅 0.3m、水路方向の奥行き 0.5m の木製模型を作成し、裏埋砂部は層の厚さ 0.4m、幅 0.3m、水路方向の奥行き 2.5m にわたって砂を入れ、平均粒径 $d_{50}=0.25\text{mm}$ 、密度 $\rho_w = 2.59\text{gf/cm}^3$ 、の珪砂 5 号を使用した。

なお、実験ではケーソン下部には粒径 $d_{50}=10.0\text{mm}$ の砕石を厚さ 7.0cm にした場合（実験ケース1）と、マウンドの場合と、硅砂5号を厚さ 7.0cm にした場合（実験ケース2）について2通りの実験を行った。間隙水圧計は、ケーソン前面最下部のに基準となる波圧計を設置し、ケーソンの下部には 12.5cm 間隔に4計測点、裏埋め砂内部は水槽の底面から鉛直方向に 7cm 毎に 35cm の位置まで、水路方向にケーソン背面直後から 10cm 毎に 50cm の位置まで30計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。

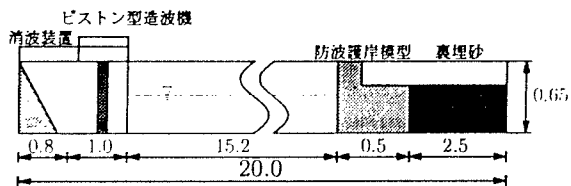


図 1 実験装置の側面図 単位(m)

表一 実験波諸元及び実験ケース

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
相对水深	0.16	0.09	0.06
波形勾配	0.04	0.02	0.02
模型断面諸元			
ケーソン模型	0.5m(高さ)×0.3m(幅)×0.5m(奥行)		
マウンド種類	d ₅₀ =10.0mm、碎石、層厚7.0cm		
実験種類	d ₅₀ =0.25mm、砂層、層厚7.0cm		
実験種類	実験ケース1：マウンドが捨石の場合		
実験種類	実験ケース2：マウンドが砂層の場合		

3. 測定結果及び解析

図-2の上は、測定した変動間隙水圧の記録波形の一部を示す。図にみられるように、計測データにはノイズが乗っているため、これらはFFT法を用いて除去した。その結果を図-2の下に示す。このようにしてノイズを除去したデータを用いて変動間隙水圧の振幅、極大値、極小値、ケーソン前面で測定した前面波圧と変動間隙水圧の位相差を求めた。

本論文では、変動間隙圧の振幅及び位相差について実験ケース毎にまとめた。図-3は、各計測点の変動間隙水圧の振幅 P をケーソン前面下部の変動圧の振幅 P_0 で無次元化した $\frac{P}{P_0}$ と、ケーソン前面下部から各計測点への到達距離 X を沖側の水深 h で無次元化した $\frac{X}{h}$ との関係である。ただし、○は $T=1.2s$ 、●は $T=1.6s$ 、△は $T=2.0s$ の場合である。実験ケース1、2の両方ともケーソンの下部ではデータ数が少ないが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、ケーソン下部に比べて急激に減衰し、ケース1で距離 $\frac{X}{h}$ の約-1.17 ~ 3.41 乗、ケース2で距離 $\frac{X}{h}$ の約-2.95 ~ -3.41 乗に比例して減衰している。

図-4は、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。実験ケース1ではケーソン下部でかなりのばらつきがみられるが、裏埋砂内では全体的に高い相関が見られる。一方、実験ケース2は、ケーソン下部においてもデータのばらつきは小さい。また、裏埋砂内では距離 $\frac{X}{h}$ の約0.48 ~ 1.40 乗に比例して位相差が生じている。

4. おわりに

本研究では、防波護岸背後の変動間隙水圧について埋立砂内での伝播特性の検討を行った。その結果、ケーソン下部付近での変動間隙水圧とでは裏埋砂層内での変動間隙圧の減衰率は大きく異なり、裏埋砂層内で減衰率が大きくなっている。また位相差についても、データのばらつきが多少生じているものの、ケーソン下部と裏埋砂内で大きな違いがみられた。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。

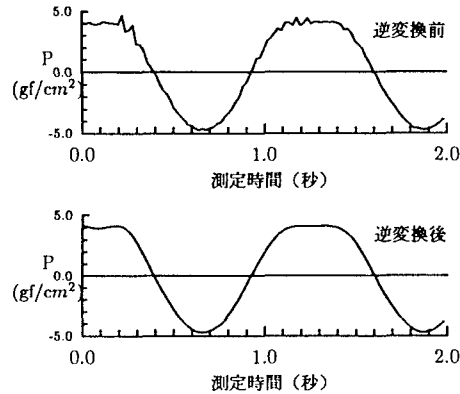


図2 フーリエ解析によるデータの雑音の消去例

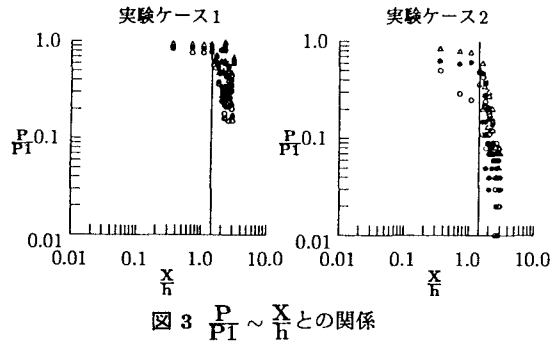


図3 $\frac{P}{P_0} \sim \frac{X}{h}$ との関係

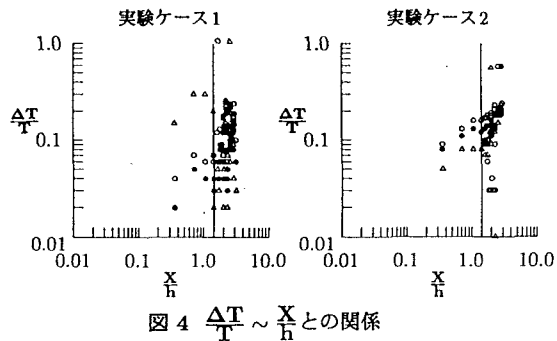


図4 $\frac{\Delta T}{T} \sim \frac{X}{h}$ との関係

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