

II - 45

緩傾斜堤表面及び透水層内の水圧変動に関する実験

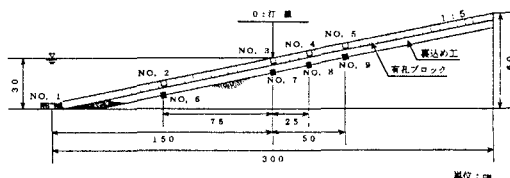
東北工業大学 学生員 ○石塚 雅也
東北工業大学 正 員 高橋 敏彦
東北工業大学 正 員 沼田 淳

1. はじめに

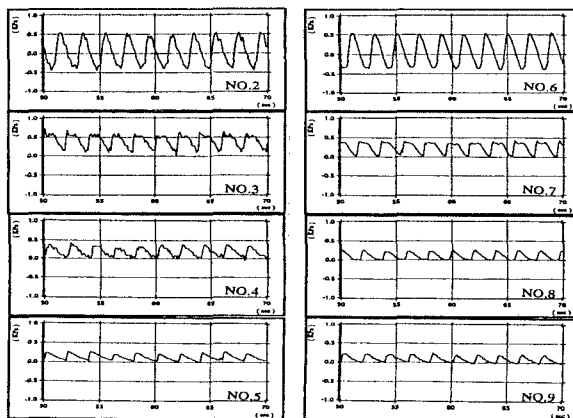
近年、親水性や景観面に配慮した海岸護岸として1/4～1/6勾配の緩傾斜堤を採用するケースが多くなっている。しかし、実際に施工された緩傾斜堤の被災例から、波の作用による被災ブロックの剥離や裏込め石及び砂の吸い出しによるブロックの陥没・不安定化などが問題点として指摘されている。本研究では、緩傾斜堤のこのような破壊機構の解明と数値シミュレーションによる遡上高算定の一助とするため、模型実験を行って堤表面及び裏込め石内の圧力変動を測定したのでその結果について報告する。

2. 実験装置及び実験方法

実験は、両面ガラス張りの二次元造波水路（長さ20.0m、幅0.6m、高さ0.7m）を二分し、片側0.3mの水路で行った。水路の一端にピストン型反射波吸収制御付き造波装置を、他端には1/5勾配の緩傾斜堤（有孔ブロック+透水層）の模型堤体を設置した。模型ブロックの空隙率は15%、透水層に使用した裏込め工は、粒径2.50～4.75mmの砂利を厚さ約20.0mmに敷設した。さらに裏込め砂には、天然珪砂7号（ $d_{50}=0.15\text{mm}$ 、比重=2.60）を用い、基礎工には粒径9.52～19.1mmの碎石を用いた。入



図－1 緩傾斜堤断面と圧力変換器の設置状況



図－2 波圧波形の1例（ $T=2.00\text{sec}$, $H=8.11\text{cm}$ ）

反射波高の解析は、合田の入反射波分離法を使用した。また実験条件として、周期を1.26, 2.00, 3.00secの3種類、目標波高は4.00, 4.50, 6.50, 8.00cmの4種類を使用した。但し、実測の入射波高は、幾分異なっている。なお、波による水圧波形の解析対象は、30～32波目の3波とした。図－1は、緩傾斜堤の概略図及び水圧計（ひずみゲージ式圧力変換器）の設置状況を示したものである。NO.1はのり先、NO.2はのり先と汀線の間点、NO.3は汀線地点、NO.4と5は、波の遡上域である。いずれも堤表面と同じ高さに設置してある。NO.6～9はNO.2～5地点の透水層厚の中間に水圧計の表面がくるように設置した。いずれの水圧計も斜面と鉛直方向に設置している。なお、計測時にのり先に設置したNO.1の水圧計のバランスが取れず、不良データとして削除した。

3. 実験結果及び考察

3-1. 計測測定例

図－2は、 $T=2.00\text{sec}$, $H=8.11\text{cm}$ のケースの水圧変動の波形記録の一例である。なお、このケースでは汀線より沖側40cm地点で碎波が起こっている。微小振幅波理論による水中の圧力 P は、

$$P = \rho g \frac{\cosh k(h+z)}{\cosh kh} \eta - \rho g z \quad \dots \dots (1)$$

で表される。但し、第一項は波による圧力（動圧）、第二項は、静水圧である。ここで示している圧力波形

は、(1)式の第一項(動圧)に対応している。

図より、同一地点の表面と透水層内の圧力波形は、ほぼ同一波形(N0,2とN0,6, N0,3とN0,7, N0,4とN0,8, N0,5とN0,9)を示しているが、圧力の大きさは静水面下ではほぼ同程度、遡上域では堤表面の方が幾分大きい値を示している。水深のほぼ中間に設置されているN0,2とN0,6の波形を見てみると、いずれも正の圧力が大きいことから静水面上の振幅の方が静水面下の振幅より大きい非対称な波形を推測することができる。汀線と遡上域に設置したN0,3~N0,5及びN0,7~N0,9の波圧変化は双峰波形を示しているように見えるが、さらに細かい変化も含まれている。この細かい波形が真の波圧変化を示しているのか、ノイズによるものなのかは明らかでない。加藤¹⁾は斜面上での波圧波形は、直立護岸での双峰波圧の発生条件よりかなり小さい波形勾配でも双峰型となることを指摘しているが、図-2の入射波波形勾配 $H/L \approx 0.025$ は、直立壁に対する発生条件より小さい値である。また、静水面下の波圧波形はほぼ正弦波形であるが、汀線と遡上域の波圧波形は急速に立ち上がりゆっくり減少する鋸歯状を示している。これは碎波後の波が段波状に遡上し、引き波時には薄層流となって流下するためと考えられる。なお、N0,1~N0,4とN0,5~N0,9の波圧波形は別々の計器に記録したため、厳密な意味での同時測定ができなかった。

3-2. 動圧の最大及び最小値

図-3は、各地点における堤表面と透水層中の最大・最小波圧を比較したもので、(a)は $T=2.00\text{sec}$, $H=8.1\text{cm}$ 、(b)は $T=3.00\text{sec}$, $H=6.37\text{cm}$ の波に対するものである。図中の点線は式(1)より求めた堤のり先における動圧の最大・最小値を示している。両図とも最大波圧 P_{max} は、汀線位置で最大となるような三角形分布を示すようであるが、静水面下の測点が少なく明瞭でない。一方、汀線及び遡上域での最小波圧 P_{min} は、各測点でほとんど0となっており、引き波時には、堤表面はもとより透水層厚の1/2上部には残留水が皆無となることを示している。また、各測点での堤表面と透水層中の P_{max} の値には、それぞれ $H/L \approx 0.025$, $h_i/L \approx 0.092$ 及び $H/L \approx 0.0045$, $h_i/L \approx 0.06$ に対するものであるが、実験ケースが少なくこれらパラメータの影響を把握することはできなかった(h_i は、のり先水深で 0.3m である)。

3-3. 堤表面及び透水層内の水圧の全振幅

図-4は、3種類の周期に対する実験の中で最も波高の大きい入射波に対する同一地点での堤表面と透水層中の波圧波形の波高の差を各地点ごとに図示したものである。○は $H/L \approx 0.024$, $h_i/L \approx 0.159$ 、●は $H/L \approx 0.025$, $h_i/L \approx 0.092$ 、△は $H/L \approx 0.0045$, $h_i/L \approx 0.06$ に対するものである。いずれも汀線近傍で堤表面と透水層中の波圧波高の差が最大となるが、上記パラメータによる一般的な傾向は把握できなかった。 $T=3.00\text{sec}$ の波は非碎波、 $T=1.26\text{sec}$ と $T=2.00\text{sec}$ の波はそれぞれ汀線より沖側約23cm, 40cmで碎波している。このような斜面上での碎波の有無及び碎波点の位置による影響が大きいのではないかと考えられる。

4. あとがき

実験ケースが少なく十分な考察ができなかったが、今後とも実験を継続し、現象の把握に努めたいと考えている。最後に、東北大学工学部今村文彦助教授に有益なご助言を頂いた。また、本実験は村木賢太郎君との共同実験である。ここに記して、感謝の意を表する。

<参考文献> 1) 加藤ら: 斜面に働く重畳波の波圧、第26回海講、pp391~395, 1979

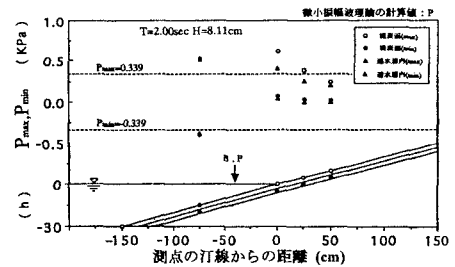


図-3 (a) $P_{\text{max}}, P_{\text{min}}$ の分布

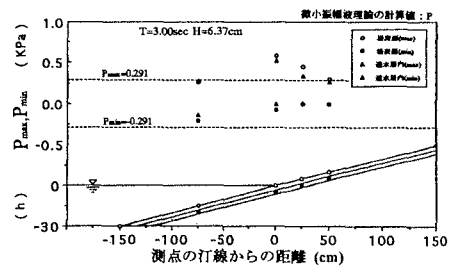


図-3 (b) $P_{\text{max}}, P_{\text{min}}$ の分布

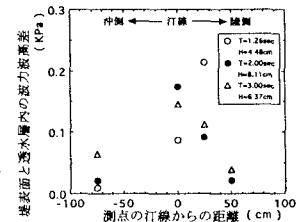


図-4 堤表面と透水層内の

圧力波高差