

大水深防波堤の動揺に関する研究

京都大学工学部 正員 倉垣 雄一, 正員 酒井 哲郎

正員 浅野 敏之, 正員 間瀬 肇, 学生員 北 直紀

1. まえがき 最近では船舶の大型化, 津波災害の防止などの観点から大水深防波堤が建設されるようになってきた。従来の防波堤は設置水深が20mまでがほとんどであり, 大水深防波堤の耐波実績が乏しいことから, 今後の大水深防波堤の安全設計を再考する必要があるように思われる。大水深における低基堤形式となると, 捨石マウンド上のケーソンが大型化し, 波圧の算定とともに捨石マウンドの支持力が重要になってくる。また, 波圧の作用点が従来の防波堤にくらべて高くなり, ロッキングの現象も現われやすくなると思われる。本研究は, 捨石マウンドの若干の性質について調べるとともに, 大水深防波堤の堤体に重複波が作用すると考え, そのとき堤体の変位について調べたものである。

2. 実験装置および実験方法 実験水槽は長さ27m, 幅50cm, 深さ70cmの水槽を用いた。捨石マウンドは粒径20mm(中碎石)および10mm(細碎石)で構成した高さ9cm, 幅45cm, 長さ50cmのものを用い, 法肩として堤体の前後に12.5cmをとった。堤体は高さ30cm, 幅20cm, 長さ48cmの直方体の箱を作り, 中詰めを変えて重量を調節した。重複波を作用させる実験では, 堤脚水深を15cm, 20cm, 入射波の周波数を0.6, 0.8, 1.0, 1.2Hzとし, 堤体前面の水位変動と堤体上部の変位を測定した。なお, 変位計は非接触型のものを用いた。

3. 実験結果および考察 a) 衝撃試験より求めた回転ばね係数(地盤係数) 堤体に衝撃を与えて堤体の変位を測定した。その結果, 振幅および周期について調べると以下の傾向がみられた。(i) 振幅を片対数紙にプロットすると, 各点で直線というより下に凸の曲線となり, 初期振幅が大きいほど勾配が大きい。(ii) 周期は振幅が大きいほど大きい。(したがって, 線形1自由度減衰振動とは言えないが, ここでは捨石マウンドがばねの性質を有しているものと仮定して, ばね係数すなわち地盤係数の概略値を求めた。捨石マウンド, 堤体重量および水深を変化させた時のそれぞれの結果を比較するために次のようにした。片対数紙上で初期振幅を決め, 5回の衝撃試験の結果を参考に1直線を引き, 対数減衰率を求めた。周期は最小2乗法により周期と振幅の関係を求めておき, 設定した初期の振動と5波目の振動の周期から平均周期を求め, これを減衰のある場合の周期とし, これを用いて減衰のない場合の固有周期 T_0 を求めた。堤体の運動を1自由度の回転振動と考えると, 回転ばね係数 K_θ は $\frac{M I_p}{T_0^2}$ として求められ, 地盤係数 k_θ との間には $K_\theta = k_\theta I_0$ の関係がある。ただし, I_p , I_0 は堤体底面の中央点回りの慣性モーメントと底面の断面2次モーメントである。図-1は実験結果を示し, 横軸は堤体の空气中重量, 縦軸はばね係数

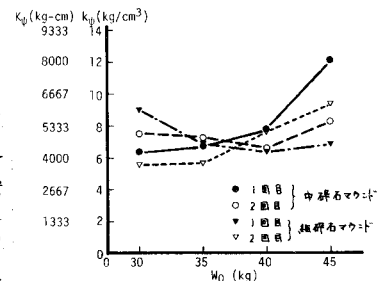


図-1 堤体重量と地盤係数, ばね係数との関係

Iwagaki Yuichi, Sakai Tetsuo, Asano Toshiyuki, Mase Hazime, Kita Naoki

および地盤係数である。この図から地盤係数の値は $6 \sim 12 \text{ kg/cm}^3$ である。合田は高さ 19 cm 、法勾配 $1:2$ 、法肩として前後に 10 cm をとり、た碎石マウンドに対して、静的引張試験より $4 \sim 20 \text{ kg/cm}^2$ 、衝撃試験より 2.4 kg/cm^2 をえており、本実験の値とよく似ている。また、今回の実験では粒径の大きな碎石で作ったマウンドの方が地盤係数が大きくなっていることと、堤体の重量が大きいは地盤係数が大きくなることかわかる。

b) 重複波を作用させた時の堤体の変位 図-2 は細碎石

マウンド上で堤体重量 40 kg 、堤脚水深 20 cm 、入射波の周波数 1.2 Hz の場合について、堤体前面の水位変動と堤体の変位を示したものである。とくに図-2 (b) は波を起し続けて堤体に碎波的な波が作用した場合で、衝撃試験で計測した程度の短い周期の変動が現われている。(a), (b) を見ると、堤体は波とともに動揺していることがわかる。図中の点は合田の有限振幅重複波理論の第4近似解を用いた時の波形の理論値および波圧モーメントと図-3 から得られるばね係数を用いて計算した堤体変位の理論値をプロットしたものである。(b) は双峰型の波圧モーメントが現われているが、それに対応して堤体にも双峰型の変位が現われている。このように重複波が作用する場合に堤体は波圧モーメントの時間変化に対応して変位していることがわかった。図-3 は波圧モーメントの最大値と堤体変位の最大値の関係を示したものである。図中の直線は波圧モーメントが0の時の堤体変位が0と考え、直線を引いたものである。これをみるとモーメントと変位はほぼ比例関係にあると言える。この直線から逆にばね係数 K_p の概略値が求められる。このようにして求めたばね係数を図示したものが図-4 である。この値は図-1 の値よりも若干小さい。以上より、重複波を受ける堤体の変位は、拾石マウンドがばねの性質を有していると考えれば、定量的にもある程度説明できることがわかる。

最後に、この研究は文部省科学研究費自然災害特別研究（代表者 榎本 亨教授）の一部であることを付記する。

参考文献 1) 合田良典：衝撃碎波圧を受ける混成防波堤の挙動に関する考察，港湾技術研究所報告，第12巻第3号，1972年，pp. 3~29

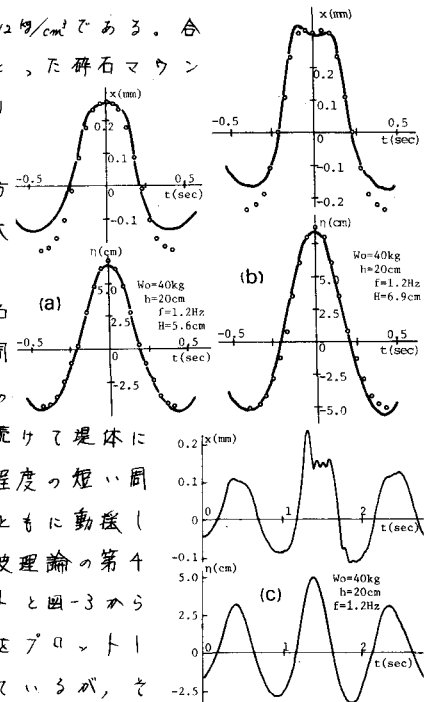


図-2 堤体前面の水位変動と堤体の変位

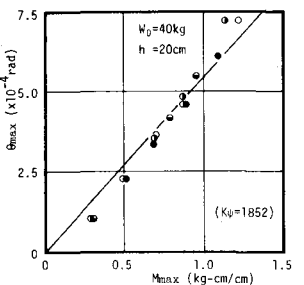


図-3 波圧モーメントと堤体変位の関係

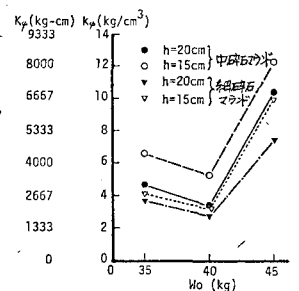


図-4 堤体重量と地盤係数、ばね係数との関係