

1. はじめに

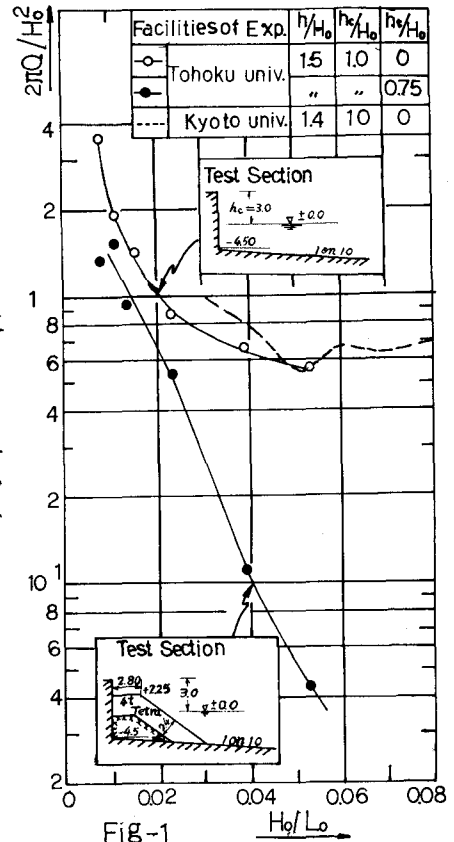
海岸護岸の越波に関する研究は、昭和28年(1953年)以降、主として規則波を用いた実験によって、種々の護岸形状に対し系統的な研究が行われて来たが、最近では、規則波に対する越波現象を理論的に解明しようとする努力がなされ、二・三の越波量算定式が提案されている。一方、このような努力と併行して、規則波に対する越波量から不規則波に対する越波量を推定しようとする試みもなされている。本研究は、越波の研究の最終目標が不規則波の越波量を推定する方法を見出すことにあるとの考え方に基き、消波護岸に対する不規則波の越波量を推算する図表を作成し、これを実験値と比較してその適用範囲を明らかにしようとする試みである。

2 直立護岸と消波護岸の越波特性の差異

直立護岸の前面に消波工を設置すると越波量がげん著に減少することは、これまでの多くの研究によって認められており、さらに、その越波特性の一般的傾向も、直立護岸の場合と定性的には一致することも分っている。しかし、越波量にみられるように定量的にはかなりの相違がある。図-1は、越波量に及ぼす周期、すなわち波形状の影響を示した実験結果の一例である。直立護岸、消波護岸とも、波形状の影響は周期の減少とともに越波量は減少するが、直立護岸の場合、波形状の影響があまりげん著でなくなるのに対し、消波護岸の場合は、波形状の影響のかなりの範囲まで減少傾向を示し、波形状が大きいかほど直立護岸の越波量に比べ、消波護岸の越波量がかなり小さくなること分る。このことは、短周期の波に対するほど、消波工の消波機能が大きいことを示す一例である。

3 消波護岸に対する不規則波の越波流量

不規則波の越波量を推定しようとする試みは、鶴田・合田¹⁾による研究が最初である。この方法は、不規則な波群を一連の切り離して考え、各一波の越波量は、その波と波高・周期がわかると規則波一波の越波量に統計的に一致すると仮定(この仮定は、不規則波発生水路を使った越波実験から、重複領域においては、ほぼ正しいことが証明されている)として、不規則な波群による総越波量を求め、これを単位時間当りに換算した値、すなわち、期待越波流量 Q_{exp} を式(1)によって求めたものである。この場合、規則波に対する越波流量として、これまで各種機関で行なわれた規則波による実験値を、吉川・権貝・河野²⁾による理論式(2)を、式(3)の如く書き改めた形で再整理し、 $q/\sqrt{2gH^3}$ と H_0/L_0 の関係を hc/H_0 をパラメーターとして一般化した図を用いている(この際、周期の影響は、実験のバラキ程度であるとして無視している)。また、不規則波の波高の



頻度分布はレーリー分布を仮定している。

$$Q_{exp} = \sum Q_i(H_i) \cdot \frac{n_i(H_i)}{N} \dots (1), \quad \frac{q}{\sqrt{28(H_o)^3}} = \frac{2}{15} \cdot m \cdot k \left(1 - \frac{h_c}{kH_o}\right)^{5/2} \dots (2), \quad \frac{q}{\sqrt{28h^3}} = f\left(\frac{h}{H_o}, \frac{h}{L_o}, \frac{h_c}{H_o}, i\right) \dots (3)$$

ここに、 Q_i : 波高 H_i の規則波の越波流量、 n_i : 波高 H_i の出現度数、 N : 総波数、 m : 護岸の越波係数、 k : 越波時の波頂高と入射波高の比、

これに対し、椎貝・河野³⁾は、鷗田らの方法には周期の影響が含まれていないという難点があるとし、さらに、式(2)は両辺に統計的な変量を含むため、応答関数として用いることは、不適当であるとして、式(4)の如く書き改め、波高・周期の分布を共にレーリー分布と仮定し、 $\bar{H}_o$ 、 $\bar{T}$ 、 h_c 、 α (波面勾配)および k を求めて、不規則波一渡一渡に対応する Q/h^2 の値を(4)式より求め、それを平均して一渡あたりの平均越波量を求める数値実験例を示している。

$$\frac{Q}{h^2} = \frac{2}{12} \sqrt{2} \cdot m \cdot \frac{\left(k \frac{H_o}{h_c} - 1\right)^{5/2}}{k \frac{H_o}{h_c}} \cdot \bar{T} \cdot \sqrt{\frac{g}{h_c}}, \quad m=0.5 \dots (4)$$

しかし、この方法でも、 k の値は波面勾配によって変化すると考えられるが、対象とする不規則な波群中では一定と考えること、推定方法が多少不便であるなどの難点があるように思われる。

さて、本研究の対象としている消波護岸の場合、前述したように、周期の影響を無視することはできず、不規則波の越波量を推算する際、何らかの形で、この影響を考慮する必要がある。厳密に考えると、椎貝らが提案したように、波高・周期の相関出現度数を考慮した不規則波群を考え、さらにその波群中の1波1波の波面勾配に対応する k 値を算出して越波量を推定しなければならないこととなるが、ますます計算が繁雑となり、利用上極めて不便になると考えられる。その上、現在の所、消波護岸に対する k 値の資料がほとんど得られていないというのが実状である。したがって、本研究では、まず、消波護岸に対する k 値について考察してみよう。この場合、 k 値の物理的な意味を失わないようにするためには、越波時の波頂高と入射波高との関係を理論的あるいは実験的に検討することが必要であるが、この種資料の集積が殆んどないため、ここでは、越波量の実験値から(2)式を使って逆算 k の値を求めることとした(ただし、 $m=0.5$ と仮定する)。

図-1(a)は、このようにして

求めた k 値を H_o/L_o を一定とし、 h/H_o をパラメーターとして、 h_c/H_o に対してプロットしたものである。パラメーターとして選んだ h/H_o および H_o/L_o の値は、図に示すような範囲に分割し、その中央値をとって代表させてある。なお、この図を作成するためには使用した実験値は、消波工の断面形状(天端幅 B 、天端高 h_t)が図中の断面図に記入した範囲のものであるが、実験値の過半は $B=28\text{m}$ 、 $h_t=2.25\text{m}$ の場合

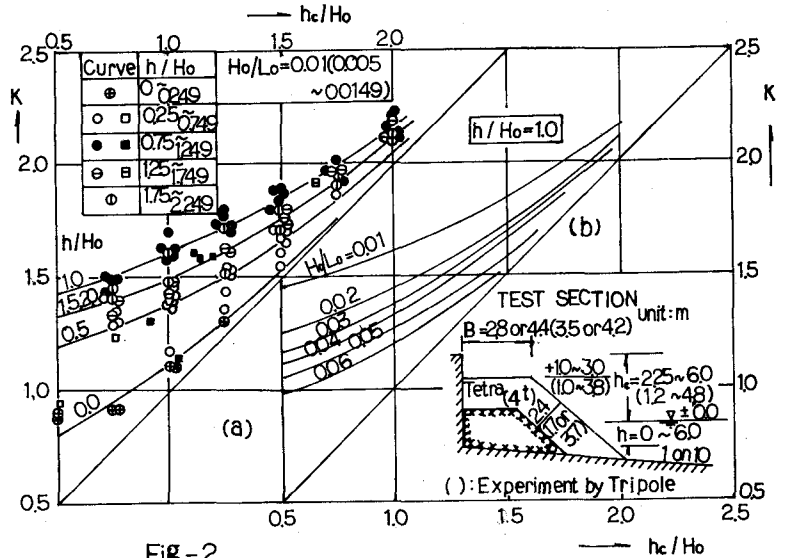


Fig-2

に対するものである。一方、図-1(b)は、 h/H_o を一定とし、 H_o/L_o をパラメーターとして、 k と h_c/H_o の関係を書きかえたもので、実験値は省略し、平均的な曲線のみを示した。 k の値は h_c/H_o の増加と共に増加し、 $k=h_c/H_o$ の直線に漸近する曲線となるが、このことは、越波量から k 値を求める場合、式(2)から当然予想される結果である。以上によって k 値が確定したので、つぎに期待越波流量の計算を行なった。この際、不規則波の周期は、統計的 k

K は $T_{1/2} \div T_{1/3} = 1.1\bar{7}$ と見做しうるので、波群の周期を T で表させ、波高分布(レーリー分布と仮定)のみを考慮することとした。計算は $h_c/(H_{1/2})_0$, $(H_{1/2})_0/L_0$ および $h/(H_{1/2})_0$ の値を仮定し、 $\eta(=H_0/\bar{H}_0)$ をレーリー分布 K によって変化させ、 η の区分帯の中央値 K に対応する h_c/H_0 , H_0/L_0 および h/H_0 の値を計算し、これらの値に対応する K 値を図-2から読み取り、式(2)によって $q_g/\sqrt{2gH_0^3}$ の値を求め、 $q_g/\sqrt{2g(H_{1/2})_0^3}$ の値に換算し、次式によって無次元期待越波流量を算出した。

$$\frac{Q_{exp}}{\sqrt{2g(H_{1/2})_0^3}} = \sum \frac{q_g}{\sqrt{2g(H_{1/2})_0^3}} \cdot \Delta P_g \quad \dots\dots (5)$$

ここで、 ΔP_g : 隣り合う η の区分 K に対する波面の超加確率の差。

以上の計算を $h_c/(H_{1/2})_0$, $(H_{1/2})_0/L_0$ および $h/(H_{1/2})_0$ の値の種々の組み合わせ K について行ない、その結果を $(H_{1/2})_0/L_0$ をパラメータとし、 $h/(H_{1/2})_0$ の値を0.25刻みごとに図面を別葉として $h_c/(H_{1/2})_0$ と $Q_{exp}/\sqrt{2g(H_{1/2})_0^3}$ との関係として図示した。図-3は、その一例である。計算値は、市対数方眼紙上でほぼ直線で近似しうることが、直線の勾配は $(H_{1/2})_0/L_0$ の値が大きくなる K と K がって急になっている。図面 K は、龍田らが求めた期待越波流量と比較のための要線を示しておいた。

4 実験値と計算値の比較

図-4は、瓊地海岸の消波護岸に対する模型実験によって得られた波高と越波流量の関係を示す曲線から求めた期待越波流量($Q_{exp})_E$ と図-3から求めた計算値($Q_{exp})_C$ との比を $h/(H_{1/2})_0$ に対して示したものである。 $h/(H_{1/2})_0$ の値が小さくなる K にしたがって、バラリヤが大きくなると同時 K 一致の割合が悪くなるが、その限界の $h/(H_{1/2})_0$ の値は、海底勾配が緩くなるほど大きくなるように見受けられる。

5 おわりに

本研究を行うために東北大学岩崎敏夫教授の御指導を賜った。ここに記して感謝の意を表します。また、本研究は、自然変異特別研究「海岸から波浪の制御に関する研究」(研究代表者:岩垣雄一)の一部であらんとを付記する。

参考文献 1) Proc. 11th Conf. Coastal Eng., 1968. 2) Coastal Eng. in Japan., x1, 1968. 3) Proc. 12th Conf. Coastal Eng., 1970.

