

1 まえがき

本論文は、Le Méhauté¹⁾ および 富永・坂本²⁾が直立捨石堤を対象として行なった波高伝達率・反射率に関する実験結果を再整理して、実験式を求め、その一般的な性質について、若干の検討を試みたものである。

2 波高伝達率

Fig-1 は、水深 h 、堤体幅 B を一定に保ち、周期 T 、波高 H を種々変化させて行なった Le Méhauté および 富永・坂本の実験値を横軸に波形勾配 H/L 、縦軸に波高伝達率 K_T をとって図示した一例である。この例にみられるように、 K_T に及ぼす周期の影響は小さく（図中黒く塗りつぶした実験値は、 K_T が他の一群の実験値に比べ極端に小さいものを区別して示したもので $h/L < 0.5$ 、 $B/L < 0.25$ の場合に相当している。しかし、この種構造物がこのような条件を満足することは、極端に周期の短い波に対する場合を除けば殆んどあり得ず、実用的には、このような実験値を除外しても差支えないだろうと考えた）近似的には、波形勾配の関数として式 (1) によって近似しうものと仮定した。 $K_T = 1 / \sqrt{1 + K (H/L)^{0.5}}^2$ (1)

式 (1) は、合田³⁾ が金網型 Wave Filter を対象として導いた理論式において H/L の係数として示されている K_T に及ぼす影響要素を一括 K とおきかえたもので、図中の点線は式 (1) による近似曲線であり、曲線上の数字は、近似曲線に対する K 値である。しかし、式 (1) を一般化するためには、この K 値を定量化することが必要である。もち論、 K 値は、合田の理論式からも予想されるように、水深、堤体幅、捨石の粒径 d 、空隙率 ε など、さまざまな要素の影響を受けると考えられるが、Fig-2 に見られるように、横軸に B/d 、縦軸に K の値を取って、両者の関係を調べた所、Le Méhauté および 富永・坂本の実験値とも両対数方眼紙上に一本の直線で近似され、これらの実験の範囲内では、 K は B/d のみの関数と見なして差支えないと考えられる。図中に示した近似曲線式を式 (1) に代入すれば、直立捨石堤の波高伝達率は式 (2) のごとく表わされ、 B が一定なら、 d が小さいほど、 K_T を小さくしうことが分る。

$$K_T = 1 / \sqrt{1 + 1.28 (B/d)^{0.67} (H/L)^{0.5}}^2, \quad \text{ただし、} \begin{matrix} h/L < 0.25 \\ B/L < 0.25 \end{matrix} \quad \text{..... (2)}$$

式 (2) の適用範囲は、Fig-3 に示すように、 $h/L > 0.25$ 、あるいは、 $B/L > 0.25$ のデータは、それ以外のデータに比べ、 K 値がかなり大きくなり K を B/d のみの関数と見なすことができなくなるという考えに基づくものである。しかし、前述したように実用的には、余り制限されることはないと考えられ、仮に、この範囲を逸脱して適用し

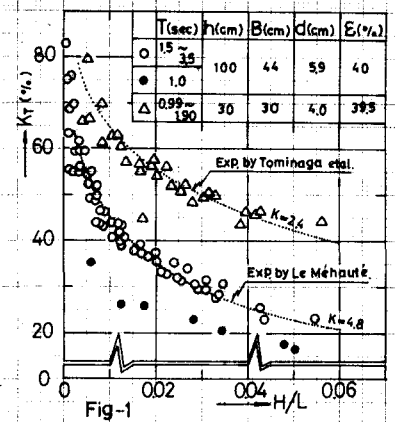


Fig-1

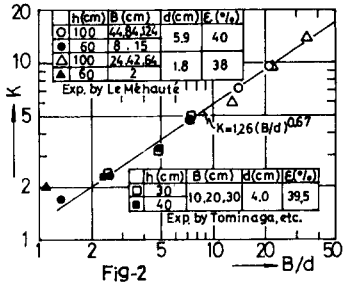


Fig-2

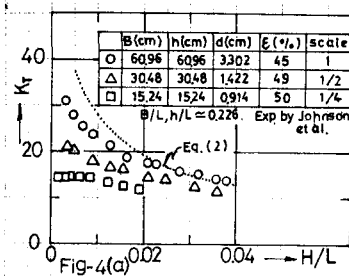


Fig-4(a)

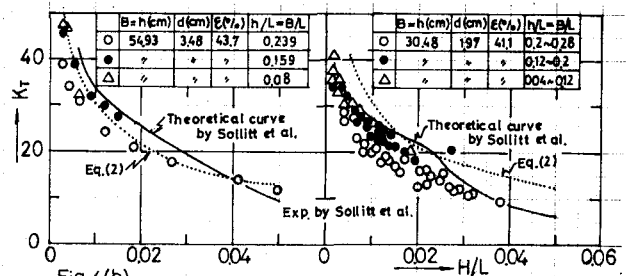


Fig-4(b)

たととしても安全側の結果を得ることになる。Fig-4は Johnson等⁴⁾および Sollitt等⁵⁾の実験値と式(2)を比較したものである。それぞれ、3および2種類の砕石および砂利(縮尺比 1:0.5 : 0.25 および 1:0.56)が使用されているが、極端に粒径の小さい石を用いて実験するのでなければ、縮尺の影響を考慮せずに、式(2)を用いて差支えないと思われる。

3 反射率

反射率 K_R は、 K_T に比べ波形勾配による差が明瞭でなく、ほぼ一定と考えて良いように思われる。そこで、周期を一定に保ち、波高を種々変化させて行なった一連の実験から H/L の影響を無視して、エネルギー反射率の平均値 $\overline{K_R^2}$ (ただし、 $H/L < 0.01$ のデータは除く) を求め、これと B/d との関係を h/L をパラメーターとして両対数方眼紙上に図示したのがFig-5である。 $\overline{K_R^2}$ は B/d の増加と共に増加し、 h/L をパラメーターとしてはほぼ直線で近似できるが、その形式は同図に併記したように $B/d \approx 8$ を境として変化するように思われる。

さらに、これら近似曲線中の係数 α, β と h/L の関係は、Fig-6に見られるように、 $h/L \approx 0.15$ を境として全く逆の傾向を示し、 $h/L < 0.15$ では h/L の増加と共に $\overline{K_R^2}$ は増加するが、 $h/L > 0.15$ では h/L の増加と共に減少する傾向が認められる。以上の結果を組み合せ、 $\overline{K_R^2}$ に対する実験式を一括したのが表-1である。

Fig-7は、Sollitt等の実験値および理論式と式(3)を比較したもので、 $kh (=2\pi h/L)$ をパラメーターとして図示してある。実験値は、 H/L に関係なく、 K_R がほぼ一定という前述の仮定をほぼ満足しており、

表-1 ($H/L > 0.01$)

B/d	h/L	K_R^2
< 8	≤ 0.15	$0.12 \cdot (B/d)^{0.15} (h/L)^{-0.108}$
	> 0.15	$0.12 \cdot (B/d)^{1/2.3} (h/L)^{0.2}$
> 8	≤ 0.15	$1.42 (h/L) (B/d)^{0.24}$
	> 0.15	$\{1/6.9 (h/L)^{0.2}\} (B/d)^{0.24}$

さらに、式(3)の方が、理論曲線より実験値により近い近似を与えることが認められる。さらに、 h/L と K_R, K_T との関係を示したFig-8から、 K_R は $h/L \approx 0.15$ で極大になること、および式(2)の適用範囲が $h/L < 0.25$ であることなど、前述したことの妥当性を何い知ることができる。

4 エネルギー消散率

式(2)、(3)を用いれば、直立捨石防波堤内でのエネルギー消散率 K_1^2 は、式(4)によって計算することが可能となる。

$$K_1^2 = 1 - (K_T^2 + \overline{K_R^2}) \quad \dots \dots \dots (4)$$

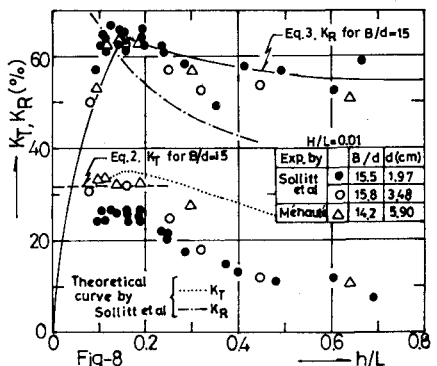
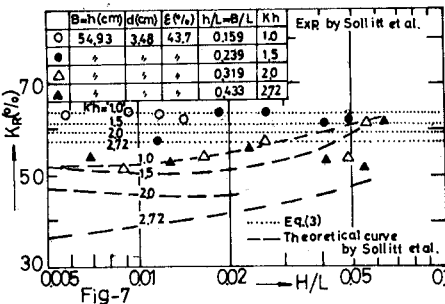
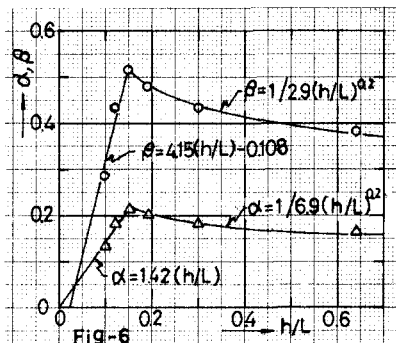
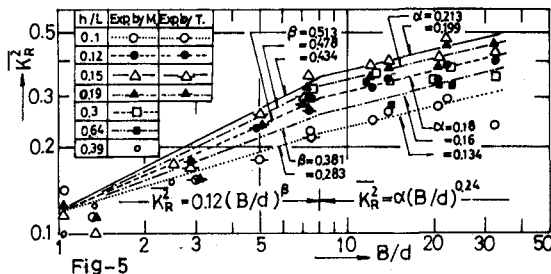
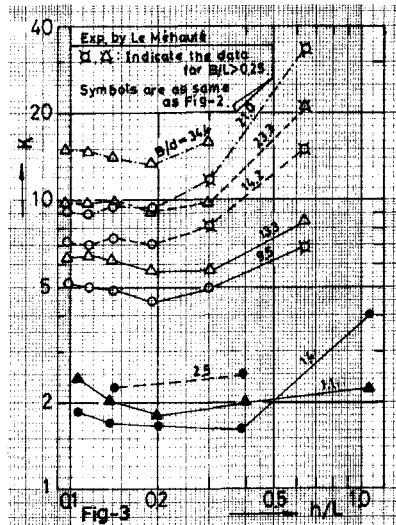
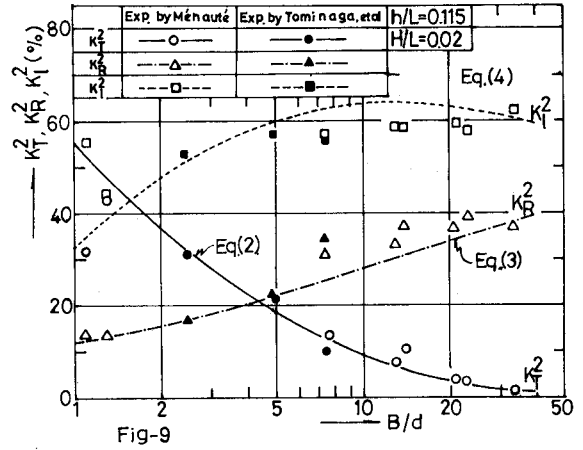
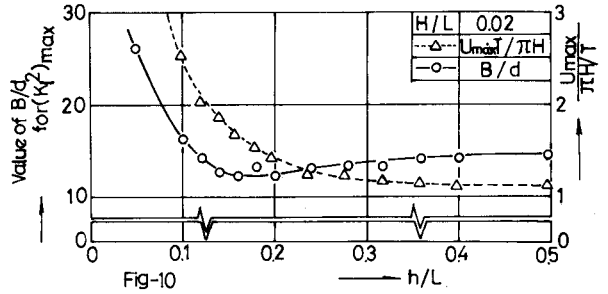


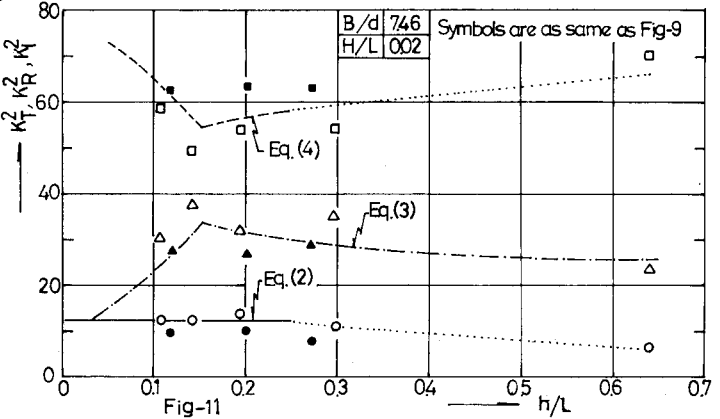
Fig-9 は、 B/d と K_T^2 , K_R^2 , K_1^2 の関係を示したもので、図中の実線、一点鎖線、破線は、それぞれ $H/L = 0.02$, $h/L = 0.115$ の場合の式 (2)、(3)、(4) による計算値、プロットしてある点は、上記諸元にはほぼ一致する実験値である。実験値と計算値とはほぼ一致した傾向を示し、 K_T^2 および K_R^2 は B/d の増加と共に増加あるいは減少する傾向が明瞭である。これに対し、 K_1^2 は $B/d \approx 5$ 附近までは B/d の増加と共に急激に増加するがその後の増加は緩慢で B/d のある値で極大となり、以後、わずかではあるが減少する傾向が認められる。Fig-10 は $H/L = 0.02$ の場合について、 K_1^2 を最大にする B/d と h/L の関係を調べたものである。同図には、合田⁶⁾が作成した波頂における



最大水平水粒子速度の推定図表から求めた $U_{max} \cdot T / \pi H$ と h/L の関係を併記したが、その変化の傾向は両者ともほぼ類似しており、水平水粒子速度が大きいほど K_1^2 を最大にする B/d の値が大きくなること分る。



一方、 B/d および H/L が一定の場合、前述したように K_T^2 は $h/L < 0.25$ の範囲では一定と考えて良く、 K_R^2 は $h/L \approx 0.15$ 附近までは急激に増加するため、 K_1^2 は急激に減少するが、 h/L が更に大きくなると、 K_T^2 、 K_R^2 ともに減少し、 K_1^2 は再び増加する傾向を



示すようになる。すなわち、 K_1^2 は $h/L \approx 0.15$ 附近で最小となる。Fig-11 は式 (2)、(3)、(4) による計算値と実験値との比較を示した一例である。このような傾向も、水平水粒子速度と関連づけることによって定性的な説明が可能と思われる。

5 あとがき

以上、Méhauté、富永らの実験値を用いて直立捨石防波堤の K_T 、 K_R に対する実験式

を求め、さらに Sollitt らの実験値、理論値と比較して、 $h/L < 0.25$ の実用的な範囲では、ほぼ妥当な近似を与えることを示した。

最後に、本研究を行うに当り、終始御指導を賜った東北大学岩崎敏夫教授に深く感謝の意を表します。また、本研究は計画研究(研究代表者京都大学岩垣雄一教授)の一部であることを付記し深謝致します。

参考文献

- 1) Le Méhauté: La Houille Blanche, No.2, 1958, pp.148~179.
- 2) 富永正照・坂本忠彦: 土研報告, No.137, 1970, pp.117~140.
- 3) Goda, Y., and Ippen, A.T.: M.I.T. Hydraulic Laboratory, Report No.59, 1963, pp.1~66.
- 4) Johnson, J.W., H.Kondo, and R. William: Proc. of 10th Conf. on Coastal Eng., 1966, pp. 1022~4.
- 5) C.K.Sollitt, and R.H.Gross: M.I.T. Ralph M. Parsons Lab. Report No.147, 1972, pp.1~235.
- 6) Goda, Y.: Rept. Port and Harbour Res. Inst., No.8, 1964, pp.1~74.