

波工の天端高は堤体天端高に一致させ天端幅は2列並びから5列並びまで変化させた。天端高+10.9 cm, +13.5 cmの2断面については、消波工のない混成堤断面とした。

波高測定には容量式波高計を図-1に示す位置に設置し、一様水深部の造波波高および伝達波高を測定した。入射波高については、あらかじめ堤体を設置する以前に波高検定を行ない決定した。また、マウンド内を透過する透過波はほとんど見られず、記録した伝達波は越波のみによるものと考えられる。記録した伝達波高の整理にあたっては、伝達波の基本周期が入射波の周期と同一であるとみなし、入射波の周期間隔で波形の極大値と極小値の差を伝達波高とし、有効測定時間内に4台の波高計に記録した3波を平均してこれを求めた。実験は各ケースごとに2回実施し、実験データは2回の平均値で整理した。

3. 実験結果と考察

合田ら³⁾による混成堤の港内伝達波に関する報告では、入射波高 (H_r)、堤体前面水深 (h)、入射波波長 (L)、堤体天端高 (h_0)、堤体天端幅 (B^*)、マウンド上の水深 (d)の7つの量が現象を支配するとしている。消波ブロック被覆混成堤に対してはこれらの諸量の他に、消波ブロックの種類、大きさおよび消波工の天端幅 (B)等が付加され、定量的な扱いが混成堤の場合に比べ容易ではない。消波ブロックの大きさについては、代表的長さとしてテトラポッドの高さ (h^*)をとると、今回の実験では $h^*=5.7$ cm で $h^*/L_0=0.0116\sim0.0261$ の範囲にあたる。本実験では入射波が堤体の前方で碎波するまで観察し、堤体天端幅とマウンド上の水深を一定としているので必要な無次元量を選ぶと、波高伝達率 (K_T) は (1) 式に示すような無次元量の関数とみなすことができる。

$$K_T = H_r/H = f(h_0/H, H_0'/L_0, B/L_0, h_0/H_0', h/L_0) \quad \dots\dots\dots (1)$$

混成堤の伝達波に関する実験で、篠田・山本^{3),4)}は入射波が碎波せずに堤体面で反射する際に打ち上げる越波を重複波型越波、入射波が堤体に到達する以前に碎波しそのまま堤体に打ち上げる越波を碎波型越波と区別し、碎波型越波の状態での波高伝達率はこれまで提案された算定式の結果より大きくなることを指摘した。消波ブロック被覆混成堤に対しても同様な傾向が予測できるため、本論においても篠田・山本の示した区分に準ずることにする。本論に示したグラフ中の記号で $\circ, \square$ のように斜線を付したものは、入射波が碎波している場合で碎波型越波の状態を示す。

$T=1.51$ sec に対する換算沖波波高 (H_0') と港内伝達波高 (H_r) との関係を図-3に示す。重複波型越波の範囲では H_0' の増大につれて H_r は直線的あるいは指数関

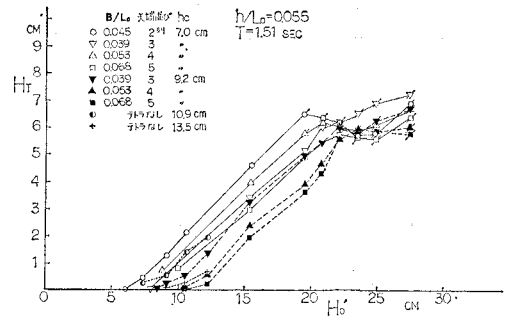


図-3 H_0' と伝達波高 ($h/L_0=0.055$)

数的に増大する。 H_0' が 19 cm 程度で碎波をはじめ碎波型越波の範囲になると、 H_0' が増大しても H_r はさほど増大しない。さらに H_0' が大きくなると $h/L_0=0.089$ のケースを除き H_r は増大する。この傾向は波長の長い波ほど顕著であった。また、越波の型に関係なく h_0 の高い堤体の方が H_r は小さく、消波ブロックの相対天端幅 (B/L_0) が大きいほど H_r は小さい。図-3には混成堤の実験結果も併記したが、混成堤の場合大きな波高の波を作用させる際、堤体重量をかなり増加させたにもかかわらず堤体が滑動したため大波高の実験は行なっていない。

混成堤に対する相対天端高 (h_0/H) と波高伝達率 (K_T) との関係を h/L_0 をパラメータとして図-4に示した。

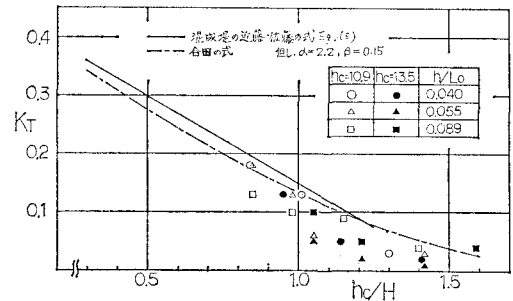
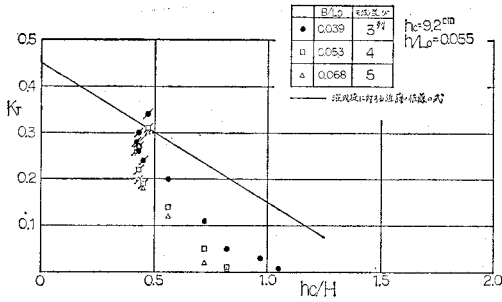


図-4 混成堤の h_0/H と波高伝達率

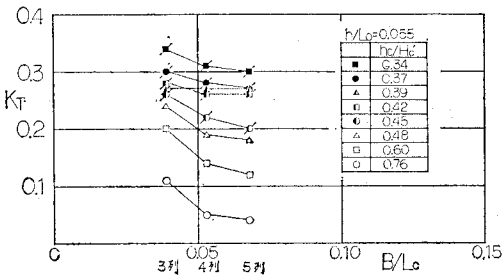
図にはマウンド内の透過波の影響が無視できるときの合田の式において $\alpha=2.2$, $\beta=0.15$ とした場合の結果を一点鎖線で、混成堤の波高伝達率に対する近藤・佐藤の式を実線で示した。実験データ数が少ないが、これらの式が本実験においても混成堤の波高伝達率を良く表わし得ることが確認される。また、 h/L_0 の波高伝達率におよぼす影響は顕著でないことがわかる。

図-5は消波ブロック被覆堤に対して $h_0=9.2$ cm のときの相対天端高 (h_0/H) と波高伝達率 (K_T) の関係を相対天端幅 (B/L_0) (あるいは消波ブロック天端列数) をパラメータにとって図示したものである。図中の実線は混成堤に対する近藤・佐藤の実験式を示す。図から堤体の相対天端高が同じでも、消波ブロックで混成堤を被覆す

図-5 消波ブロック被覆混成堤の h_c/H と波高伝達率

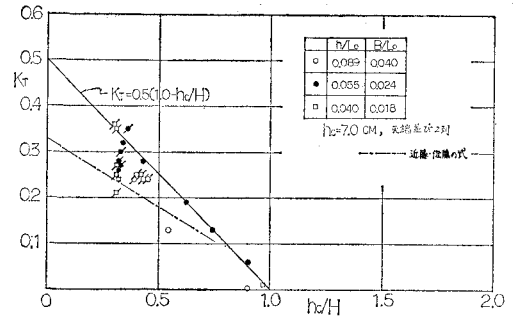
ることにより、かなり波高伝達率が減少することがわかる。これは h_c/H が大きいほど顕著である。重複波型越波の範囲では h_c/H の減少とともに K_T は増大し、同じ h_c/H では B/L_0 (あるいは天端列数) が大きいほど K_T は小さくなっている。碎波型越波では h_c/H の変動が少なくデータが集中するため B/L_0 の効果は明確ではない。

図-5より、 B/L_0 が K_T に与える影響が明らかになったが、その特性をより明確にするため B/L_0 と K_T の関係を h_c/H_0' をパラメータにとって図示したのが 図-6 で

図-6 B/L_0 と波高伝達率

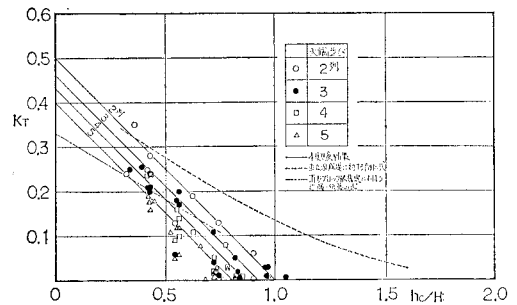
ある。なお、横軸の下に消波工の天端列数を併記しておいた。図から重複波型越波の範囲では、当然のことながら消波工天端幅が増大すると K_T は減少しているが、その減少の度合は h_c/H_0' により異なり h_c/H_0' が小さいほど消波工天端幅の影響が小さくなる傾向を示している。特に碎波型越波の範囲では、消波工天端幅の増加に伴ってわずかに K_T は減少するが変動は少ない。

図-7 はパラメータに相対水深 (h/L_0) をとって消波ブロック天端2列並びの場合の h_c/H と K_T との関係を示したもので、図中の実線は K_T の上限値を選び K_T が h_c/H の1次関数として近似できるものと仮定して各点を結んだもので、 $K_T = 0.5(1.0 - h_c/H)$ の関係を満足する直線である。図中には一点鎖線で近藤・佐藤の式を示したが、今回の実験結果は従来の提案式に比べ幾分大きな K_T を示している。同様な方法で他の天端並びについて算定式を求めたところ次式を得た。

図-7 消波ブロック被覆混成堤の h_c/H と波高伝達率 (天端2列並び)

$$\left. \begin{aligned} \text{天端2列並び} \quad K_T &= 0.5(1.0 - h_c/H) \\ \text{天端3列並び} \quad K_T &= 0.5(0.92 - h_c/H) \\ \text{天端4列並び} \quad K_T &= 0.5(0.86 - h_c/H) \\ \text{天端5列並び} \quad K_T &= 0.5(0.80 - h_c/H) \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (2)$$

実験結果には重複波型越波のものが少ないが、各ケースの重複波型越波の範囲の結果を天端並びをパラメータにとって 図-8 に示した。図中の実線は (2) 式を示し、

図-8 消波ブロック被覆混成堤の h_c/H と波高伝達率 (重複波型越波)

点線は混成堤に対する合田の式で $\alpha = 2.2$, $\beta = 0.15$ とおいたもので、一点鎖線は消波ブロック被覆堤に対する近藤・佐藤の式である。図からもわかるように、算定式の勾配は明らかに近藤・佐藤の結果と異なり大きくなっている。参考のため、天端2列並びのテトラポッド被覆混成堤に関する他の実験結果を併せて 図-9 に示した。

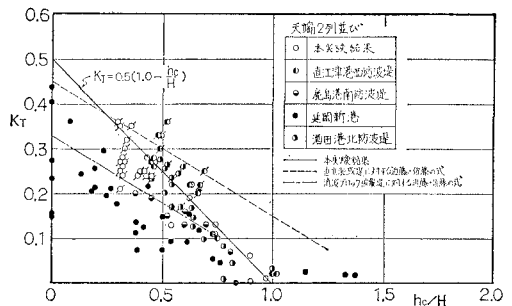


図-9 他の実験結果との比較

他の実験は海底勾配や実験条件が異なるにもかかわらず、(2) 式を満足している。2 列以上の天端並びについても同様な傾向を示し、(2) 式をほぼ満足している。このことは重複波型越波によるこの現象に強く影響している要因が h_c/H と B/L_0 であることを示している。また、図-9 には碎波型越波の結果も示したが (2) 式の算定式よりも大きな K_T を示すものが多い。これは混成堤に対して篠田・山本が碎波型越波による伝達率が重複波型越波の状態で求めた伝達率算定式よりも大きくなると指摘したように、消波ブロック被覆混成堤においても同様な傾向を示しているものと考えられる。したがって碎波型越波による波高伝達率は h_c/H と B/L_0 だけでなく、さらに h/L_0 や h_c/H_0' 等の要素が強く影響しているものと推定される。

4. 結 言

比較的急勾配の地形上に設置された消波ブロック被覆混成堤に対して、消波工天端幅の拡幅による伝達波高への影響を検討した。実験波としては入射波が非碎波の波だけでなく、堤体前方で碎波状態になる波に対しても検討を行なった。本研究で確認された結果を要約すると、以下のようである。

(1) 重複波型越波の混成堤に関する実験結果は、混成堤に対する合田の式および近藤・佐藤の式に良く一致する (図-4)。

(2) 混成堤の前面を消波ブロックで被覆することで、堤体の相対天端高が同じでも混成堤に比べかなり K_T は減少し、 h_c/H が大きいほどその傾向は大きい (図-5, 図-8)。また、重複波型越波の範囲では、同じ h_c/H に対し B/L_0 が大きいほど K_T は小さい (図-5)。

(3) 消波ブロック被覆混成堤に対する近藤・佐藤の式は本実験結果と一致せず、重複波型越波の範囲内の K_T 算定式は (2) 式ようになる (図-5, 図-7, 図-8)。

(4) 碎波型越波の範囲では、(2) 式で算定された K_T より大きな値となることがある (図-9)。

(5) 碎波型越波の範囲における K_T を定量的に算定するには、従来の h_c/H のみの関数としてだけでは表現できず、さらに h/L_0 や h_c/H_0' 等の関数となることが推定できる。

参 考 文 献

- 1) 合田良実: 防波堤の伝達波高に関する実験値の再整理について, (英文), 港湾技術研究所報告, 8 巻 3 号, pp. 4~18, 1969.
- 2) 近藤俊郎・佐藤 功: 防波堤天端高に関する研究, 北海道開発局土木試験所月報, 第 117 号, pp. 1~5, 1964.
- 3) 篠田邦裕・山本正昭: 越波による港内伝達波に関する実験的研究, 第 27 回海岸工学講演会論文集, pp. 406~409, 1980.
- 4) 篠田邦裕・山本正昭: 越波による港内伝達波に関する実験的研究, 水産工学研究所技報, 水産土木第 1 号, pp. 1~18, 1980.
- 5) 合田良実・竹田英章・守屋義一: 越波による防波堤背後への波高伝達率, (英文), 港湾技術研究所報告, 第 13 号, pp. 3~38, 1967.