

二重潜堤による波高減衰効果に関する実験的研究

Hydraulic properties of doubly-placed submerged rubble mounds.

佐藤正樹 *・川合邦広 *・北村泰介 **・宮部秀一 ***・佐伯浩 ****

Masaki Sato, Kunihiro Kawai, Taisuke Kitamura, Syuichi Miyabe, Hiroshi Saeki

Recently, It is said that the artificial reef works are very effective for shore protection from the standpoints of durability and landscape. But, its works are very expensive and occupy large sea area. The authors proposed new shore protection work, doubly-placed submerged rubble mounds. This beach erosion control work is more economical of construction cost in comparison with artificial reef work, and useful for fishing grounds. In this paper, the authors clarified the hydraulic properties of the work.

Keyword: artificial reef, doubly-placed submerged rubble mounds, hydraulic properties

1. はじめに

現在、海岸保全施設として、景観、波浪に対する耐久性から、人工リーフあるいは人工リーフと緩傾斜護岸を併用した方式が良いことが数多く報告されている。人工リーフは、多くの施工実績のある離岸堤と同様な消波効果を期待する構造物である。人工リーフは海水面下の構造物であるため、海浜景観を悪化させることがない利点がある。しかし、人工リーフでは、波高減衰効果を期待する場合、広い天端幅が必要なが報告されていて、その結果として、人工リーフの断面が大きくなることから単位延長当たりの建設費が高く、その効果を発揮するまでに、長期間要する。また、海底に有用な水産資源がある場合、その占有面積が大きいため漁業者の理解も得にくい事例が多くある。本研究は、人工リーフの持つそのような欠点を克服するため、潜堤を二本設置することにより、建設コストを低下させることと、その両潜堤にはさまれた水域に石材等を入れて、水産に利用可能とすることを目的としたものである。

2. 実験方法

実験は、図-1で示される長さ 24.0 m、幅 0.6m、高さ 1.0m の2次元造波水路で、一端に吸収制御装置付き造波装置を、他端に消波ブロックを設置し、人工リーフ及び二重潜堤の前方は海底勾配を 1/30 として実験を行った。波高計は、沖波波高を測定するために造波装置の近くに設置し、入射波高および反射波高を測定するために潜堤の前面で波の進行方向と逆に波高計②を移動した。また、伝達波高計測用として、潜堤と消波ブロックの間に波高計③を設置した。

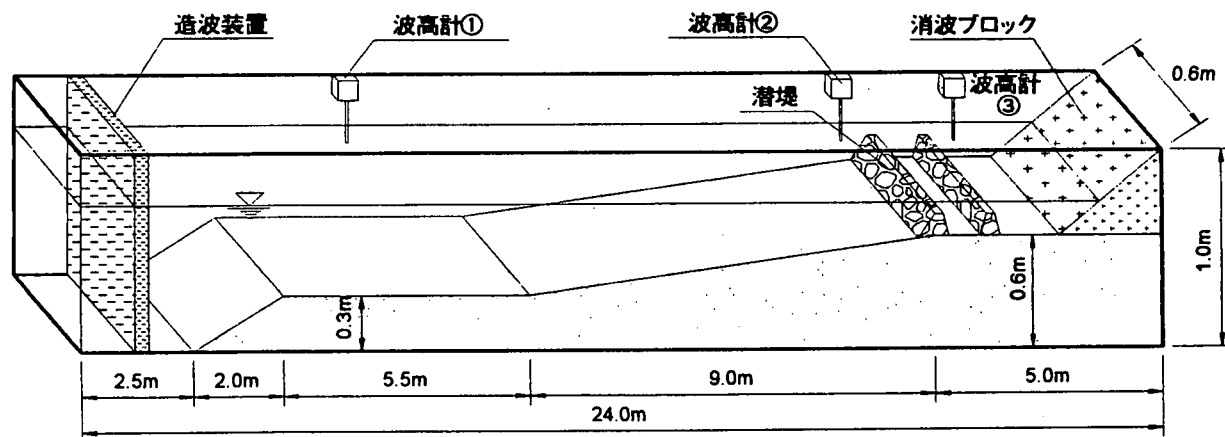


図-1 実験装置

- * 正会員 (株) 西村組
- ** 正会員 (株) 北王コンサルタント
- *** 正会員 北海道開発局建設課
- **** 正会員 北海道大学工学部

実験はフルードの相似則で 1/30～1/40 程度を考え、人工リーフの基本断面形状として、図-2に示すように沖側法勾配を 1 : 3、岸側を 1 : 1 とし、天端幅は 100cm と 133cm とした。また、被覆には 120g の碎石を用いた。これは実規模で天端幅は 30.0m～53.3m、1 個の石の重量で 3.3～7.7 t に相当する。この実験シリーズを実験Ⅰとする。

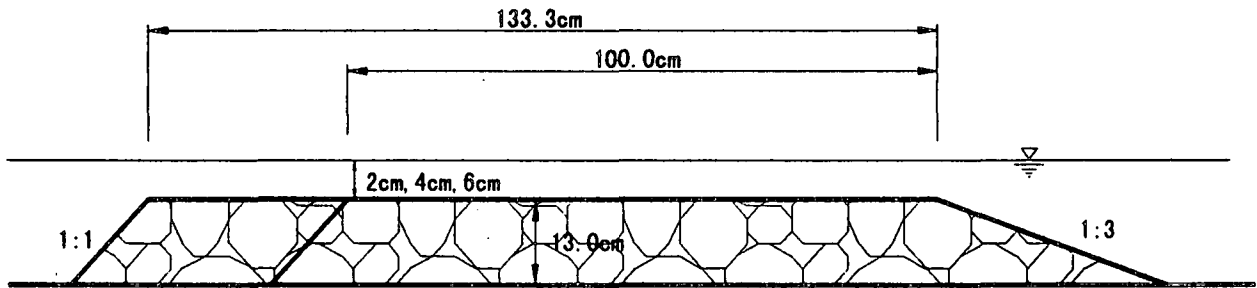


図-2 実験Ⅰ

次に、二重潜堤の実験においては、二つの潜堤の断面積の合計が、天端幅 133cm の人工リーフのほぼ 1/2 として実験を行った。また、両潜堤の距離は図-3に示すように 4 つの位置で行っていて、最も離れた所では、133cm 天端幅の人工リーフと同じになっている。この実験シリーズを実験Ⅱとする。次に、沖側法勾配による消波効果について調べるため、沖側の法面勾配を 1 : 1.5 の場合についても実験も行った。また、建設途中の波高減衰効果を調べるため、沖側の潜堤のみの場合についても水位、周期の波浪条件を変えて実験を行った。各実験についての詳細を表-1に示す。

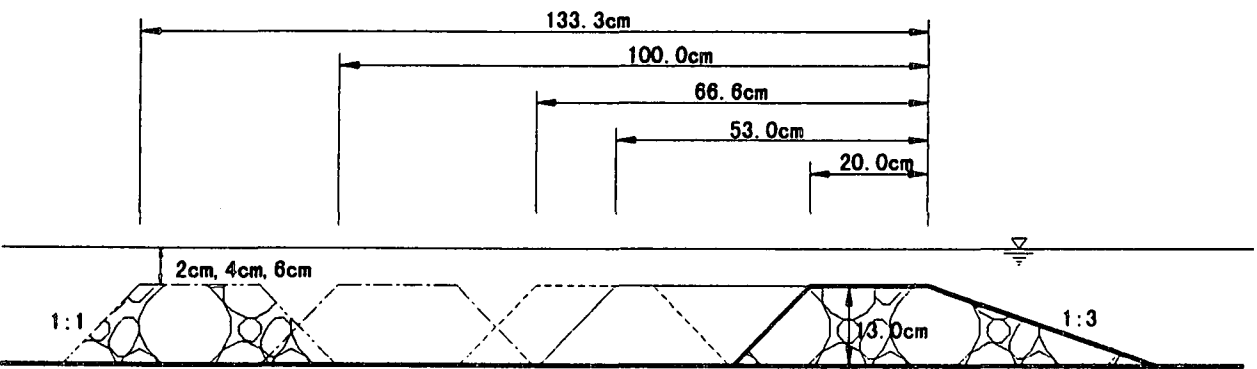


図-3 実験Ⅱ

人工リーフ及び潜堤の天端は水底から 13cm とし、水位は天端上 2.0cm、4.0cm、6.0cm に変えて実験を行った。また、用いた波の周期は 1.10 秒と 1.83 秒で、1/30 の縮尺では 6 秒、10 秒に相当する。また、波高は 3 cm ～10cm の範囲で実験を行った。本研究では、上述したような実験条件に、二重潜堤の反射率と透過率の測定と、被覆材の安定性を調べ、二重潜堤の有効性について明らかにしたものである。

項目	実験CASE																								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
天端幅(cm)	1000	1000	1333	1333	200	200	530	530	666	1000	1000	1333	1333	1000	1333	200	1000	1333	1000	1333	200	530	530	1000	1333
潜堤の数	S	S	S	S	S	S	S	S	W	W	W	W	W	S	S	S	W	W	S	S	S	S	S	W	W
天端水深(cm)	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	40	40	40	40	40	60	60	60	60	60	60	60
沖側法勾配	1:3	1:1.5	1:3	1:1.5	1:3	1:1.5	1:3	1:1.5	1:3	1:3	1:1.5	1:3	1:1.5	1:3	1:3	1:3	1:3	1:3	1:3	1:3	1:3	1:3	1:1.5	1:3	1:3
周期(m/s)	1.83	1.83	1.83	1.83	1.83	1.83	1.83	1.83	1.83	1.83	1.83	1.83	1.83	1.83	1.83	1.83	1.83	1.83	1.83	1.83	1.83	1.83	1.83	1.83	1.83
	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10

(注) 潜堤の数の項目で、Sは1個、Wは2個を示す。

表-1 実験ケースの詳細

3. 実験結果と考察

(1) 人工リーフの波高減衰効果

人工リーフの天端幅が波高伝達率に及ぼす効果を調べたのが図-4である。100cm と 133cm の2種類の天端幅について、天端水深を 2.0cm、4.0cm それに 6.0cm の各水深に対して、天端幅と波高伝達率の関係を示している。図は横軸に沖波波高を沖波長で除した沖波波形勾配 H_0/L_0 を、縦軸は波高伝達率 KT で表し、(a)は周期 1.83、(b)は周期 1.10 である。同図からも明らかなように天端幅が大きい 133cm の方が 100cm の場合より伝達率は小さい値となり、天端水深と伝達率の関係は、天端水深の増加とともに、透過率は減少する傾向が顕著である。また、周期 1.83 の場合はごく僅かであるが、周期 1.10 の場合は H_0/L_0 が増加すると、 KT は減少する傾向が明らかである。これは、波高目が大きくなるほど伝達率が小さくなることを示し、周期が短いほど、この傾向が強くなることを表す。次に図-4より、周期の効果を調べたのが図-5である。ここでは、潜堤間の距離が 100cm と 133cm で天端水深 2.0cm の場合であるが、波高が同一であれば、周期が長い方が波高伝達率は小さくなっている。この傾向は各水深にもあてはまる結果が得られた。

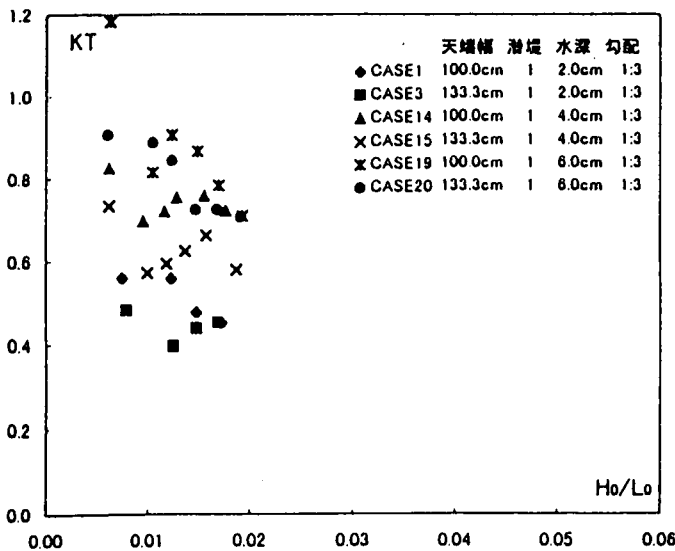


図-4(a) 天端幅の波高減衰効果(T=1.83)

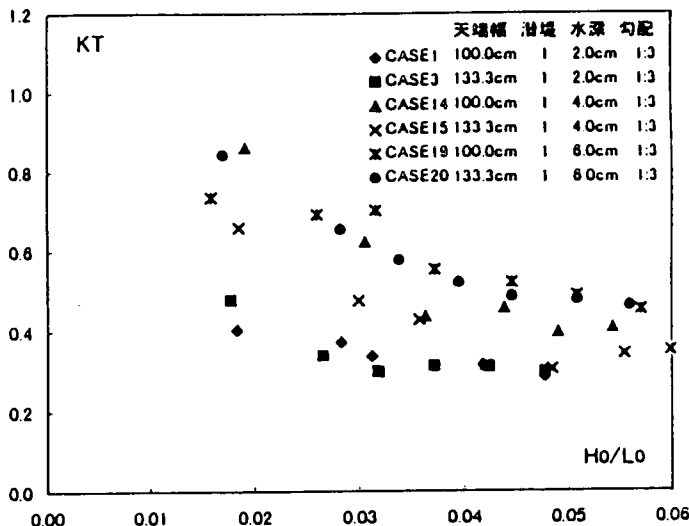


図-4(b) 天端幅の波高減衰効果(T=1.10)

(2) 二重潜堤の波高減衰効果

まず両潜堤間の距離が波高伝達率に及ぼす効果を調べる実験を行った。図-6は潜堤の天端水深を 2.0cm、4.0cm、6.0cm の場合の二重潜堤の距離の効果を調べたものである。図(b)は周期 1.10 のもので、天端水深が 2.0cm のケースでは、両潜堤の距離による消波効果の違いはみられないが、水深が 4.0cm 及び 6.0cm のとき、両潜堤間の距離が大きいほど伝達率は小さく、減衰効果がある。図(a)は周期 1.83 の場合で、潜堤の距離による効果は見られなかったが、天端水深が 6.0cm では、伝達率は非常に大きい値を示し、波浪減衰効果は期待できない。

次に、各周期に対する天端水深が波高伝達率に及ぼす効果について調べた結果が図-7である。このとき両潜堤間の距離は 100cm と 133cm で、天端水深は、2.0cm、4.0cm 及び 6.0cm である。同図で横軸は天端水深 R を沖波波高 H_0 で除したものである。天端水深

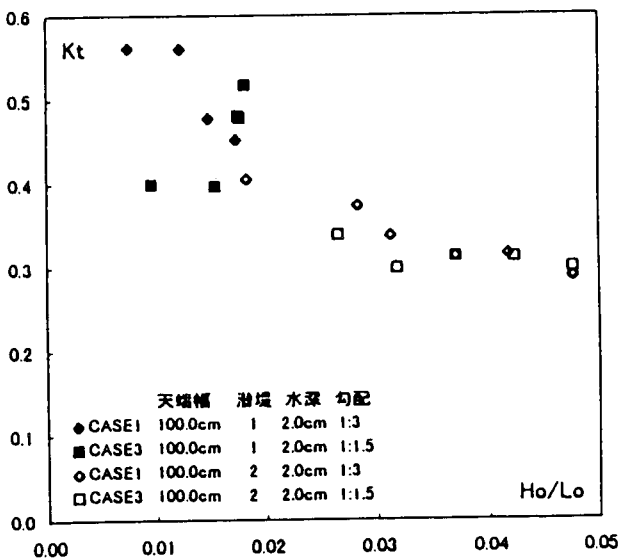


図-5 周期の消波減衰効果

が大きいほど伝達率は大きくなる傾向があり、波高減衰効果がなくなる。また、周期による効果は、周期 1.83 の方が周期 1.10 の場合より波高伝達率は大きくなり、周期が長いほど消波効果が小さくなる結果となった。

次に、実験Ⅰの人工リーフと二重潜堤の消波効果の比較を行ったのが図－8である。実験は、天端幅が最も大きい 133cm の人工リーフと潜堤間隔が 133cm の二重潜堤を天端水深 2.0cm、4.0cm 及び 6.0cm の 3 種類に変えて、周期 1.83、1.10 について波高減衰効果を比較した。二重潜堤の波高伝達率は波浪条件が同一であれば、人工リーフの伝達率に較べて若干大きい値を示すが、図(a)の周期 1.83 の場合、全体的に伝達率は大きく、天端水深が 6.0cm にいたっては、波高減衰効果はみられない。図(b)の周期 1.10 の場合は、二重潜堤と人工リーフの消波効果の差はごく僅かに人工リーフの方が優れている結果となった。これは、波の周期が短い場合、二重潜堤と人工リーフの波高減衰効果に差が無いことを示している。この場合であっても、天端水深が大きくなるとともに伝達率も大きくなることが明らかである。

(3)法面勾配および建設途中の波高減衰効果

沖側法勾配の変化が反射率及び波高伝達率に及ぼす効果を実験した結果が図－9、図－10である。二重潜堤の潜堤間隔を 133cm、天端水深を 2.0cm を一定として、沖側法勾配を 1:3 と 1:1.5 に変化させ、同一の条件の人工リーフと反射率を比較したのが図－9である。この図より、急勾配な 1:1.5 のときの方が反射率は大きくなり、減衰効果が大きいことを示している。また、図－10 は、沖側勾配に対する波高伝達率の効果を示したもので、急勾配な 1:1.5 のときの方が伝達率は小さくなっている。図－9、図－10 は周期 1.83 の場合を示したものであるが周期 1.10 の場合も同様に調べた結果、勾配の効果は明確にみられなかった。図－11 は二重潜堤の建設途中を想定し、その時の波高減衰効果について調べたものであり、参考までに二重潜堤と同じ断面積を有する 1 個の潜堤の消波効果も同時に示している。図は周期 1.10、天端水深 2.0cm の場合で、二重潜堤とそれぞれを比較している。まず、二重潜堤の建設途中を想定した場合であるが、当然のことながら二重潜堤に対して波高伝達率は大きくなり、波高減衰効果は劣るが、この条件では伝達率はそれほど大きい値とはならず、消波効果はある程度期待できる。長周期の場合や天端水深が大きい場合は、二重潜堤の実験の結果から、伝達率が非常に大きくなることが予想される。次に、二重潜堤と同じ断面積を有する 1 個の潜堤の消波効果については、図より、二重潜堤の方が伝達率は小さくなり、同じ断面積ならば二重堤とした方が消波効果が高いといえる。

(4)相対天端幅と相対堤脚水深の波高減衰効果

次に相対天端幅(B_0/L_0)と伝達率、相対堤脚水深(h/L_0)と伝達率の効果についても調べたが、前述の考察と同様に、天端水深が浅いほど消波効果が良い傾向が見受けられる。

4. 結論

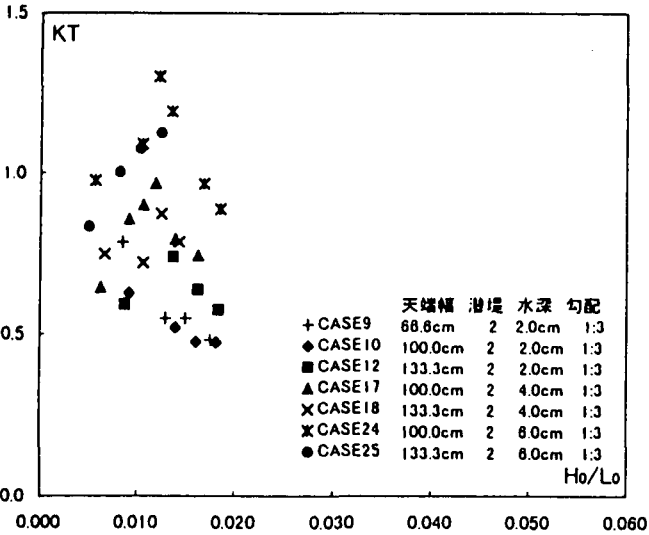
- 1)実験Ⅰの人工リーフの天端幅を変えた実験では、天端水深が浅く、波の周期が短く、波高が大きいほど、波高伝達率は小さくなり、波高の減衰効果が大きい。また、水理条件が同一であれば天端幅が大きいほど、波高減衰効果が大きく、現在までの多くの研究成果に一致している。
- 2)実験Ⅱにおいて、水位および波浪条件が同一であれば、両潜堤間の距離が離れているほど波高伝達率は小さくなり、波高の減衰効果が顕著になる。
- 3)実験Ⅱにおいて、潜堤間隔が同一であれば、天端幅が大きいほど、波の周期が長いほど、波高が小さいほど、波高伝達率は大きくなり、波高減衰効果が減少する。この性質は実験Ⅰの人工リーフの場合と一致している。
- 4)実験Ⅱにおいて、潜堤間隔が最も大きい場合、実験Ⅰの人工リーフと比較すると、天端水深が 2 cm、4 cm の場合においては、若干、波高伝達率は大きい値を示すが、ある程度の消波効果が期待できる。それに対して天端水深が 6 cm になると、波高伝達率は著しく大きな値となり、波高減衰効果はほとんどない。この結果より、日本海沿岸のように潮差の小さな海岸では、二重潜堤利用の効果は大きいことを表している。

5) 沖側潜堤の法面勾配の効果において、波高伝達率は急勾配である 1:1.5 の方が若干小さい値を示した。また、反射率は、1:1.5 の方が大きい値を示したが、この傾向は反射率、伝達率ともに波の周期が長い場合のとき、より顕著となる。

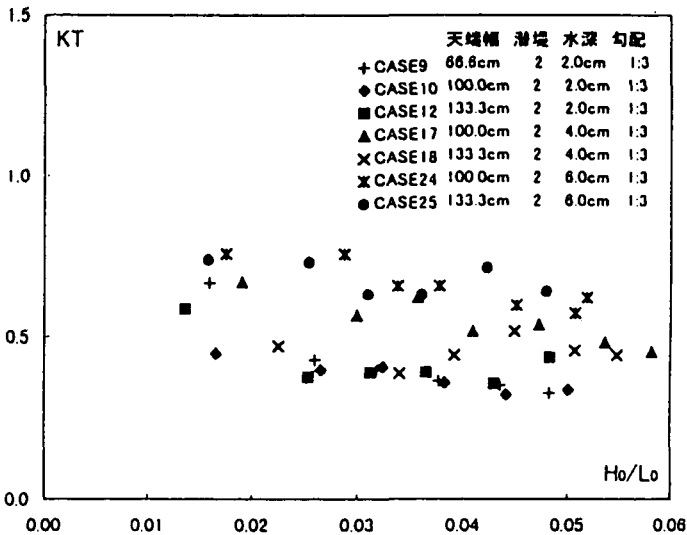
6) 水産的な観点から、二重潜堤間に石材を敷いた場合、沖側潜堤の波高減衰効果により、両潜堤に挟まれた水域は、コンブやウニ等の養殖場として有効な利用が可能である。

参 考 文 献

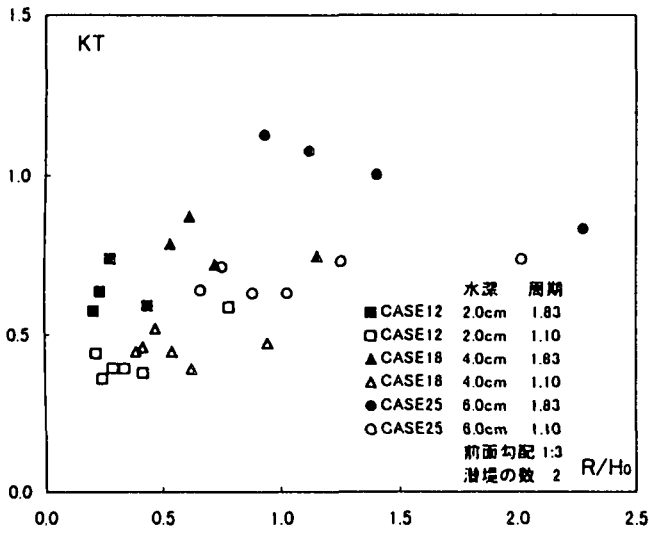
1) 秋原真哉、北村泰介；新型式の人工リーフの開発とその有効利用
寒地技術シンポジウム '92 p275～280,1992



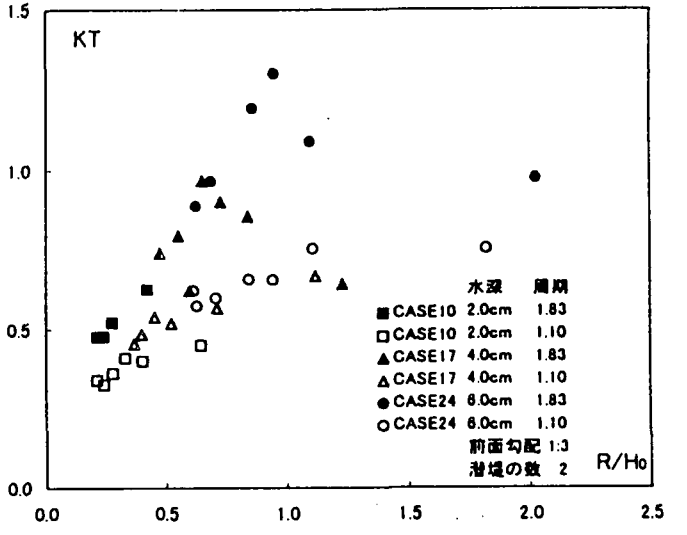
図－6 (a) 二重潜堤の距離の効果(T=1.83)



図－6 (b) 二重潜堤の距離の効果(T=1.10)



図－7 (a) 二重潜堤の水深の効果(L=133.3)



図－7 (b) 二重潜堤の水深の効果(L=100.0)

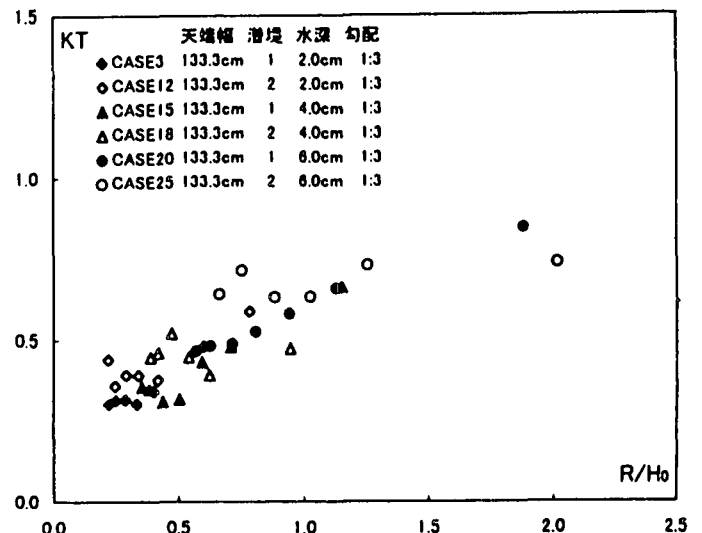
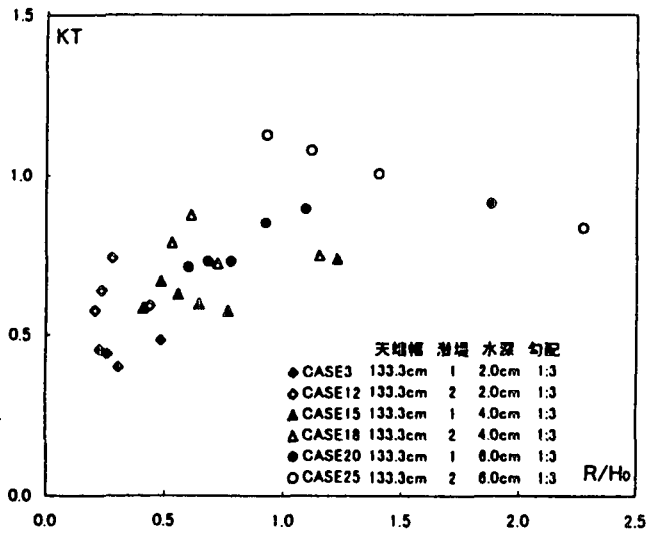


図-8(a)二重潜堤と人工リーフの消波効果($T=1.83$) 図-8(b)二重潜堤と人工リーフの消波効果($T=1.10$)

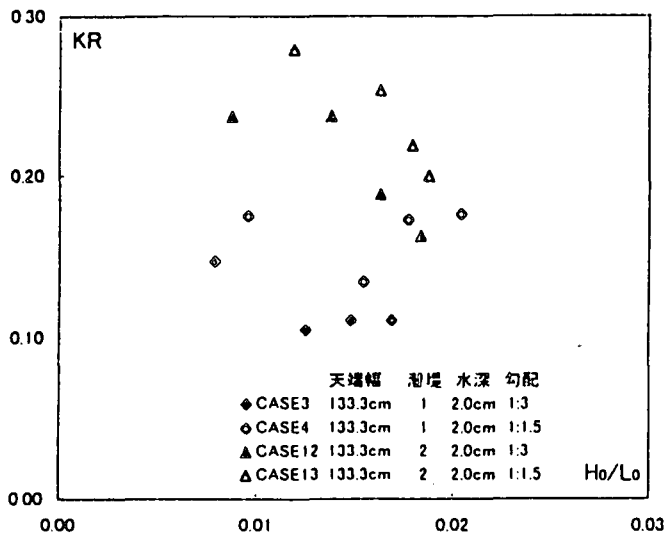


図-9 沖側法勾配による反射率への影響

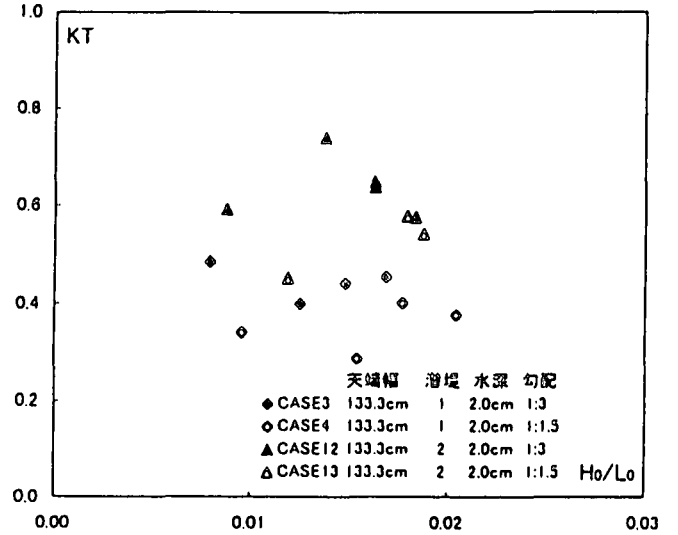


図-10 沖側法勾配による伝達率への影響

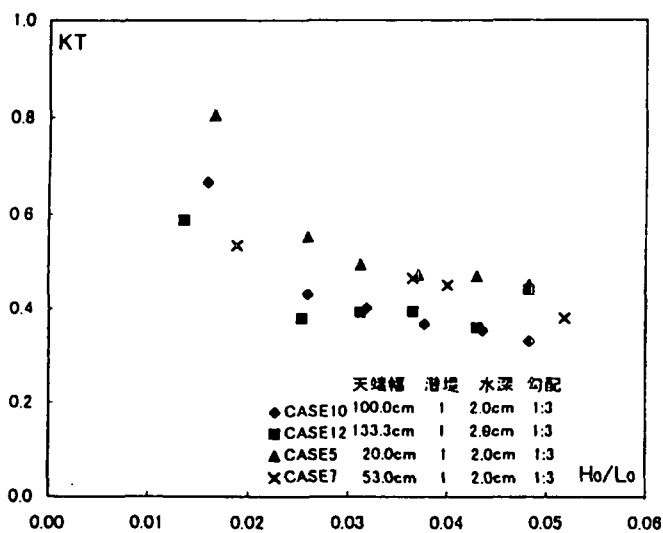


図-11 建設途中を想定した消波効果の実験