

V 字状法線をした海岸堤防へのうちあげ高

富 永 正 照*・首 藤 伸 夫**・鶴 木 和 夫***

1. ま え が き

海岸堤防の法線がV字状に屈曲しているとき、波がどのようにうちあげるかについては、1963 年の第 10 回の当講演会¹⁾で、堤防の交角が 120° のものについてすでに発表されている。

その後、われわれの研究室では交角を 90° , 60° に変えて実験を行ない、さらに堤防の交角中心線と波の入射方向が異なる場合について、2 種類の実験を行なった。

これらの一連の実験の目的は、堤防が屈曲することにより、隅角部の影響がうちあげ高にどのような変化をもたらすかということであった。

実験の結果によると、中心でのうちあげ高よりも、中心から堤端方向に $1/2$ 波長ほど離れた所で相当大きなうちあげの peak を生じることが明らかになったので、屈曲部の堤防では、設計に特別の配慮が必要のように思われる。このような堤防の設計の参考資料とするため、主としてうちあげの大きさ、屈曲部の影響範囲などについて実験結果をまとめたので以下に報告する。

2. 実験の施設・方法・および諸元

水槽は、交角中心線と波の入射方向が同じ場合は、幅 13.5 m、長さ 22.5 m、造波板の長さは 13 m のものを用いた。波入射方向が異なる場合は、幅 25 m、長さ 30 m の水槽中に幅 8.3 m、長さ 25 m の水路を作り、造波板の長さは 8 m のものを使用した。実験中の水深は、いずれの場合も 45 cm とした。実験用の堤防は木製の 2 割勾配のものを使用した。図-1 および 図-2 はそれぞれの堤防の配置図である。

堤防の法線長は交角 120° で、2.8 m と 4.8 m、交角 90° で 3.0

図-1 堤防の配置図

(交角中心線と同方向から入射する場合)

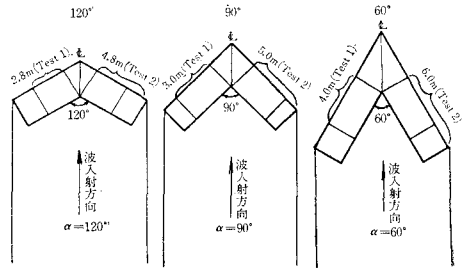


図-2 堤防の配置図

(交角中心線と波入射方向が異なる場合)

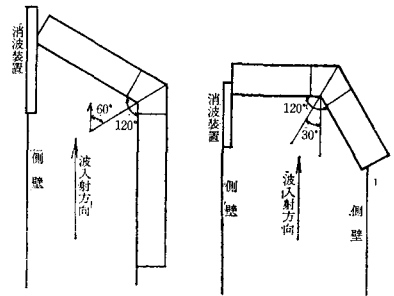
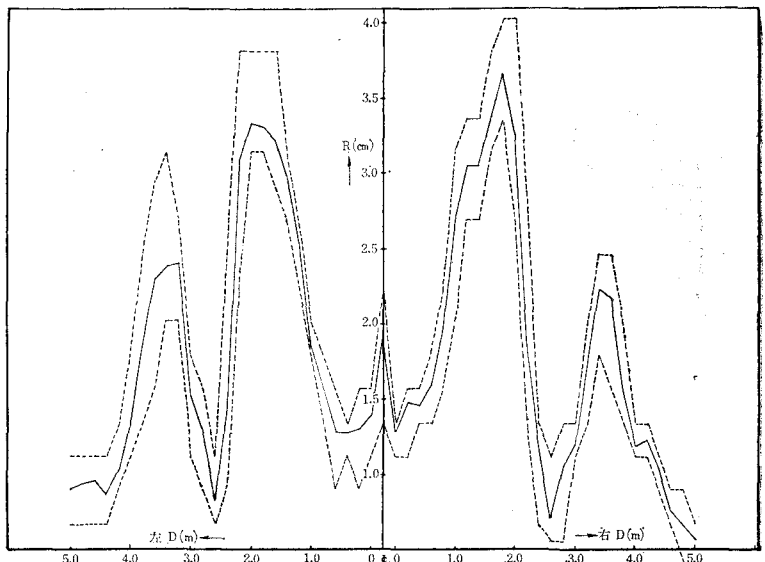


図-3.1 うちあげの分布



* 正会員 建設省土木研究所河川部海岸研究室長

** 正会員 中央大学助教授理工学部土木工学科

*** 正会員 建設省土木研究所河川部海岸研究室

m と 5.0 m, 交角 60° で 4.0 m と 6.0 m とし, 短い方を Test 1, 長い方を Test 2 として整理した。

入射波波向が異なる場合については, 交角中心線と入射波向のなす角が 30° のときは Test 1 とし, 60° のときを Test 2 とした。Test 1 では中心の左側の法線長が 5.0 m, 右側で 6.0 m であり, Test 2 では左側で 7.0 m, 右側で 15.0 m である。

波高およびうちあげ高の測定方法は前回²⁾と同様なのでここでは説明を省略する。

入射波の波高は 2.0 cm~18 cm, 周期は 1.2~1.6 秒, 波長は 1.9~3.1 m, d/L は 0.14~0.25, H/L は

0.004~0.07 の範囲である。

3. 実験結果

(1) 交角中心線と同方向から波が入射する場合

a) うちあげ高の場所的变化 うちあげの形や高さは一様でなく, 隅角部の交角, 法線の長さ, 入射波の波高や波長によってさまざまに変化する。

最も一般的なうちあげの形は, 屈曲部でうちあげ高があまり大きくなく, 中心から堤端方向へ約 $1/2$ 波長ほど離れた所に大きなうちあげを生ずるものである。たとえば, 図-3.1 に示すうちあげの分布図がその最も代表的

図-3.2 うちあげの分布

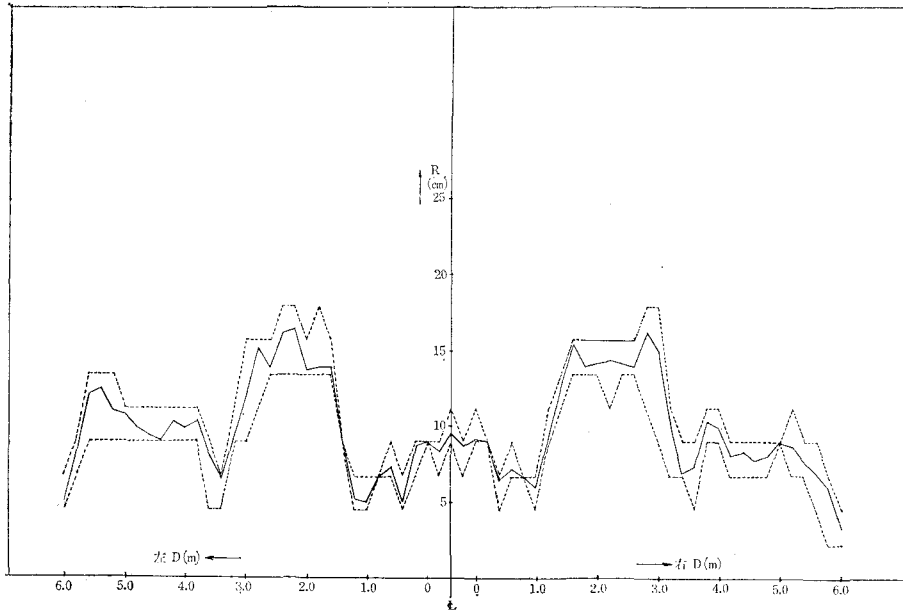
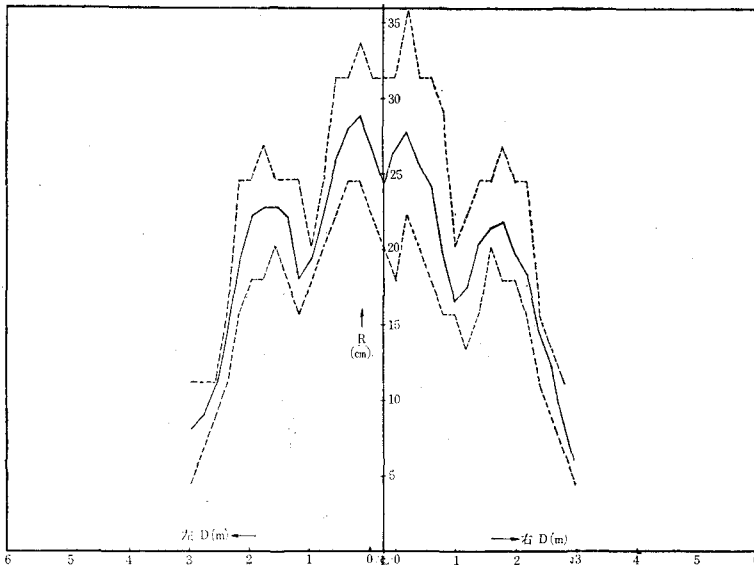


図-3.3 うちあげの分布



な形である。われわれはこのような形のものを Type 1 と呼んだが, この形は堤防の交角, 法線の長さのいずれの場合にもよくみられた形である。この一番大きくうちあげるところを peak 1 と呼んでいるが, この場所からさらに $1/2 \sim 1$ 波長ほどの間隔を置いて, 堤端方向に第 2, 第 3 の peak を生じる。そしてこの第 2 第 3 の peak は堤端方向に行くにしたがって次第に小さくな

っている。また交角が大きく, 法線長が短いケースを除いて, H/L の小さな波では peak 1 の頂きが 2~3 個に分割された形をみせる場合がある。特に交角が小さく法線が長くなるとそれぞれの peak の間の谷の部分に小さな peak を生じた。この例の代表的な形を図-3.2 に示した。

Type 1 では peak と peak の間の谷の部分のうちあげ高は非常に小さいが, これに対して中心でのうちあげ高が非常に大きく, 中心~peak 1 間の谷の部分のうちあげ高も大きくなる形があった。この例は図-3.3 で代表され, 交角が 120° で法線の長いもの (120° Test 1) と 90° の Test 1, 2 の 3

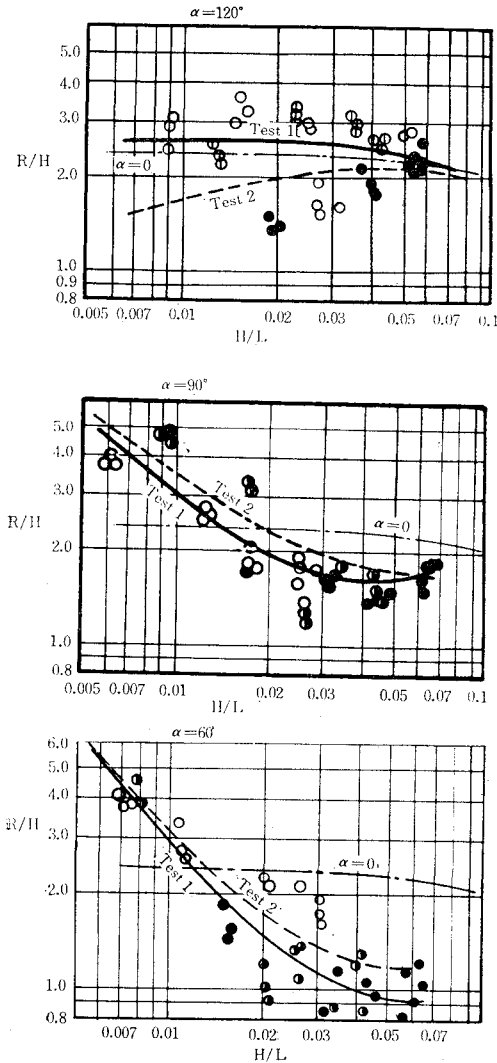
つのケースでみられた現象である。

b) 中心でのうちあげ高 屈曲中心部でのうちあげ高を交角ごとに図示すると図-4のようになる。それぞれの場合について直線堤防に直角に入射する波のうちあげ高を参考に記入している($\alpha=0$)。また図中では Test 1 の実験値のみをプロットし、Test 2 については省略した。なお実験値のパラツキの程度は Test 1 も Test 2 もほぼ同じであった。

一般的特徴としては、堤防の交角が小さくなるほど、 (R/H) に H/L の影響が大きくなることである。120°では H/L による影響はほとんどなく、60°では影響が非常に大きい。

120°では点のパラツキの範囲がそう大きくなく、 $\alpha=0$ でのうちあげ高 $(R/H)_{\alpha=0}$ と大差はない。Test 1

図-4 中心でのうちあげ高



- $d/L=0.14\sim0.15$
- $d/L=0.17\sim0.19$
- $d/L=0.23\sim0.25$

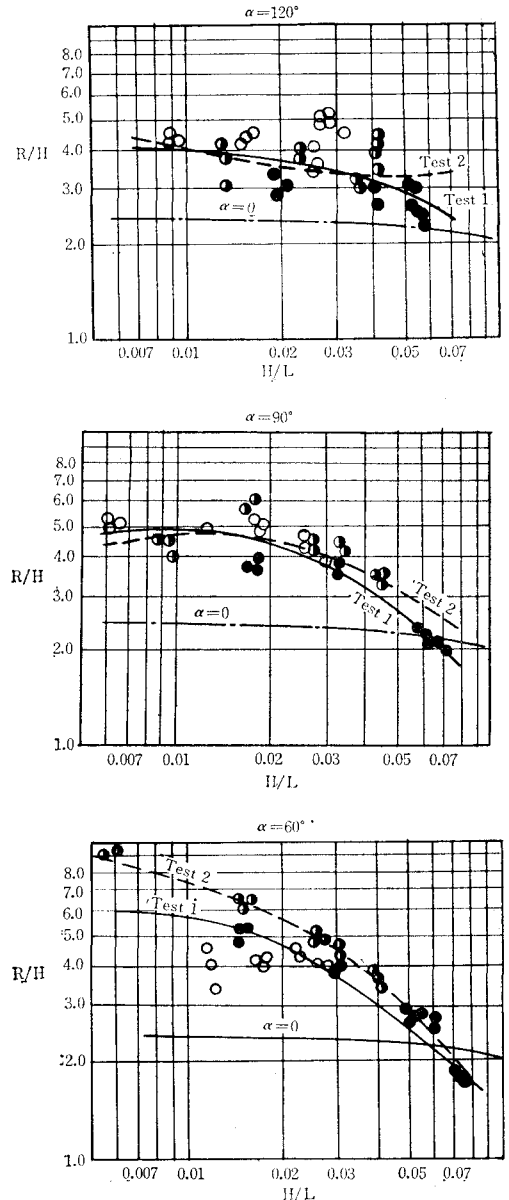
の方が Test 2 よりも大きな値を示す。

90°では、 H/L が小さいところ ($H/L < 0.01$) では $(R/H)_{\alpha=0}$ の2倍近い値を示すが、一方、 $H/L > 0.02$ では $(R/H)_{\alpha=0}$ よりも小さな値を示す。この交角では R/H が大きいところと小さいところとでは2~3倍の差があった。

この傾向は60°ではさらに顕著にあらわれる。すなわち図-4.3に示すように $H/L < 0.01$ では $\alpha=0$ のときの2倍以上の値を示す一方、 H/L が大きくなると、1/2程度の値になっている。

c) peak 1でのうちあげ高 図-5で peak 1 でのうちあげ高を交角ごとに図示する。この場合、交角60°

図-5 peak 1でのうちあげ高



で R/H の値に対する H/L の影響が最も大きく、 120° になると H/L の影響は小さくなるのは、中心の場合と同じような傾向をみせた。また $\alpha=0$ のときのうちあげ高に対しては、全部の例でこの peak 1 でのうちあげ高が大きく、 $H/L < 0.025$ では R/H が $(R/H)_{\alpha=0}$ の $1.5 \sim 2.5$ 倍の値を示す。それぞれの H/L の範囲ごとに R/H を比較すると、 $H/L < 0.05$ では $(R/H)_{120^\circ} < (R/H)_{90^\circ} < (R/H)_{60^\circ}$ となり、 $H/L > 0.05$ では逆に $(R/H)_{120^\circ} > (R/H)_{90^\circ} > (R/H)_{60^\circ}$ となっている。

d) peak 位置とうちあげ高の関係 peak がどのような位置にあらわれるかも重要な要素の一つである。うちあげ高を示した図の中で、2割勾配の直線堤防に直角に入射する波のうちあげ高を $(R/H)_{\alpha=0}$ として示しているが、われわれの実験でのうちあげ高と、 $(R/H)_{\alpha=0}$ の比を求め、それと中心と、各 peak の間の距離 D の関係を調べた。このうちあげ高比 K を求めるために使用した $(R/H)_{\alpha=0}$ と H/L の関係を図-6に示す。

図-7で $K \sim D/L$ の関係を交角・法線長ごとに分けて図示した。この図から $K \div 2.0$ になる点はいずれも $(1/2)L$ 程度中心から離れている。これは peak 1 に相当する。この場合 d/L によっても $K \sim D/L$ の関係は変わって来るが、peak 1 のできる位置はおおよそ $(1/2)L \sim (4/5)L$ 程度中心から離れた位置であり、 $90^\circ, 120^\circ$ の2つのケースではこの位置が $(1/2)L$ よりも小さく、 60° ではやや大きな値を示していた。またうちあげ高については $(R/H)_{\alpha=0}$ の $1.5 \sim 2.5$ 倍の範囲であることもこれによってわかる。

peak 2 のできる位置は交角 $90^\circ, 120^\circ$ では大体1波長位の所と考えてよいが、交角 60° では 1.5 波長位の所にできるようである。

図-6 2割勾配の堤防へのうちあげ高
(堤防法線へ直角に波が入射する時)

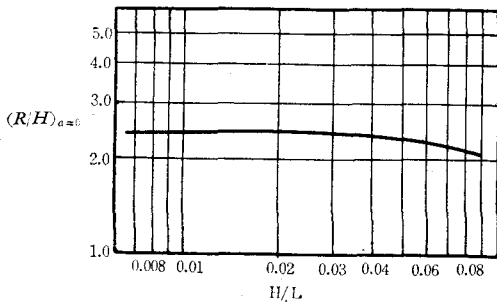
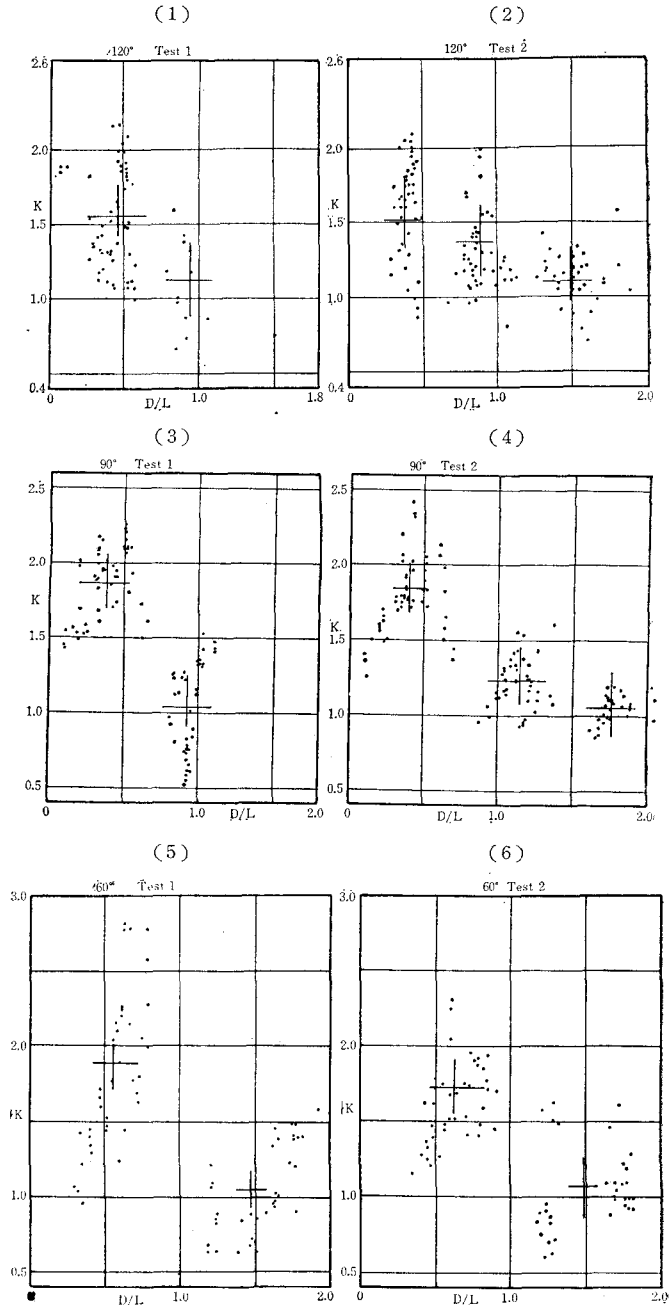


図-7 peak 位置とうちあげ高比



K の値については 1.0 よりもやや大きくなっている。

単純にそれぞれの $K, D/L$ の平均値を求め (図中十字印) これを結んだ線を考えて、peak ごとの K の大きさが D/L によってどう変わるかを調べてみた。 $D/L \div 2.0$ では $K \div 1.0$ 程度の値を示す。このことから2波長位中心から離れた所では K の値がほぼ 1.0 、つまり $(R/H)_{\alpha=0}$ の値と大体同じ程度と考えてよい。さらに堤防を長くして peak 3, 4, 5……と測定していくとはっきりしてくるものと思われるが、堤端へ行くにしたがって

K がある値に近づくことは容易に想像できる。ただこの実験ではその点まで確かめることはできなかった。

(2) 交角中心線と波入射方向が異なる場合

a) Test 1 のうちあげ高 図-8.1~3 で Test 1 のうちあげ高を示した。これらの図には前章の図-5.1~3 で示した peak 1 のうちあげ高の平均値を示す曲線と、 $\alpha=0$ の場合の曲線とを入れてある。

まず左側での全般的な傾向を調べてみると、peak 位置と H/L により、うちあげ高に相当な差がみられる。しかし peak 位置に無関係に各 H/L について大きな peak 値をひろってみると、その値は交角中心線と同方向から入射した場合の、peak 1 の値にほぼ一致している。またその値を $\alpha=0$ の場合とくらべると、相当に大

きなうちあげ高となっている。特に H/L の小さい場合にその傾向が大きく、前者は後者の約 2 倍近い値を示している。

つぎに右側について調べてみる。この場合には peak によってうちあげ高の差はあまりみられず、 H/L の影響のみが明瞭に認められる。うちあげ高の大きさは図中に示した曲線から明らかなように、 60° の斜入射の場合³⁾と、交角中心線と同方向から入射した場合との中間的な値となっている。これは左側の堤防からの反射波の影響があること、しかしその反射波は前章の場合よりも小さいことなどを考慮すれば、一応うなずける結果である。

中心でのうちあげ高は、右側の値に近い傾向を示しているが、全般的にやや小さい。 $\alpha=0$ の場合と比較すると H/L が小さい場合にはほぼ等しく、大きい時には相当小さくなっている。

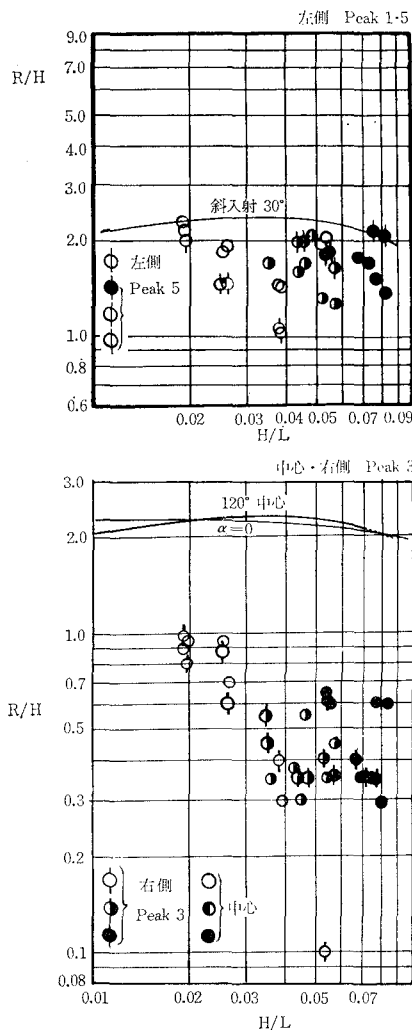
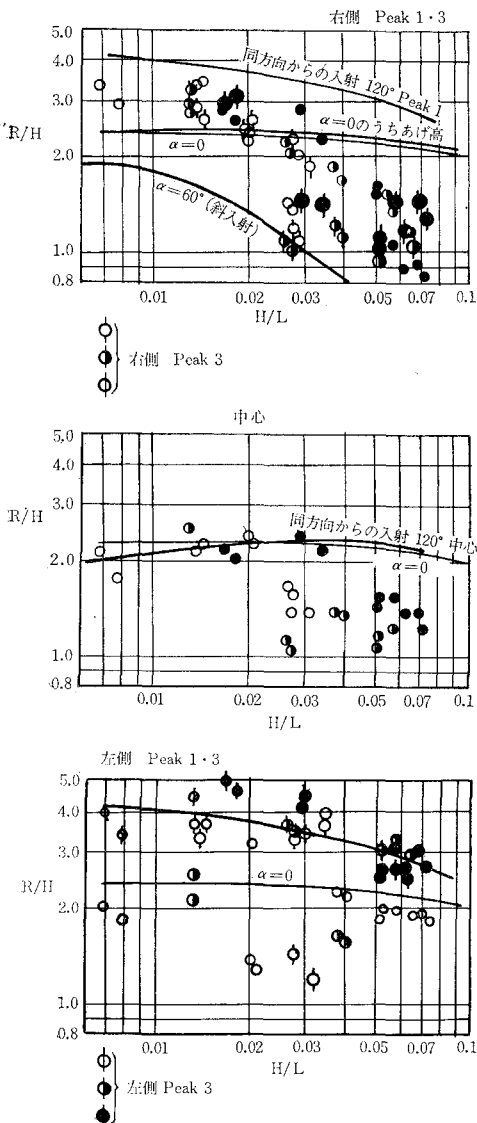
b) Test 2 でのうちあげ高 図-9 で Test 2 でのうちあげ高を示す。

図-9 交角中心線と波入射方向が異なる場合のうちあげ高 (Test 2)

この場合右側の堤防ではのり面上を波が流れるようにして通るため、うちあげ高はあまり大きくならない。 $R/H < 1.0$ の値しか示さないのがほとんどである。うちあげ高の大きさとしては反射波の影響がほとんどないので波頂高程度と考えられるが、実験値は 0.4~1.0 の範囲に分布している。

中心についても右側のうちあげ高とほぼ同様で、同方向入射の場合や、 $\alpha=0$ の場合とくらべても非常に

図-8 交角中心線と波入射方向が異なる場合のうちあげ高 (Test 1)

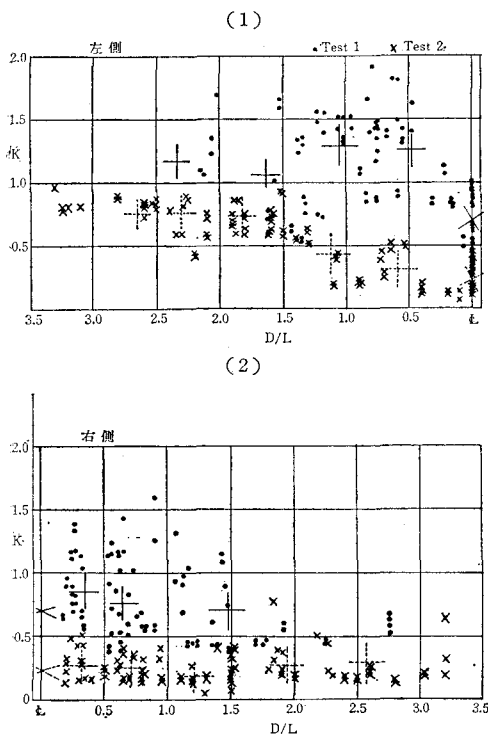


小さなうちあげ高しか示さなかった。

しかし左側の堤端近くでうちあげ高を調べてみると、図-9.3のように 30° の斜入射⁴⁾のうちあげ高にかなり近い値になっていることがわかる。このような事実は、その堤防の配置と入射波の関係からだいたい予想されることであるが、前2者の実験と比較対象の意味で実験を行なったのである。

c) peak 位置とうちあげ高との関係 図-10.1,2
うちあげ高比 K と D/L の関係を図示した。前章での $K \sim D/L$ の図では、それぞれの peak の位置がはっきりとわかっていたが、入射波の方向が異なった場合、peak の位置は一定の傾向をもたないようである。

図-10 うちあげ高比と peak 間距離



Test 1 でみると、左側では中心から堤端に向かって、 K がしだいに大きくなり、 $D/L=1.0$ 付近で peak に達する。その値はほぼ 1.5 である。その後は平たんで小さくなって、ついには 1.0 に近くなってくる。 K が 1.0 に近くなるところは D/L が 2 以上のところと考えられるが、この実験では、はっきりと確かめられていない。右側でみると K の値は D が大きくなるにつれてしだいに小さくなっていく。中心に近いところでは、1.5 程度まで達しているが、 D/L が 2 ぐらいになると 0.5 に近くなってくる。

Test 2 でみると、左側では中心で小さく、堤端に近づくにつれて、ほぼ一定値 ($K \approx 0.8$) になるのが認められる。斜入射の場合のうちあげ高は、直角入射にくらべてやや小さい程度であるから、この場合は中心からやや

離れると屈曲の影響がなくなって斜入射の状態に近くなるということを示していると思われる。

右側では全領域で K はほぼ一定である。この場合には前にものべたように、反射の影響がなく、うちあげ高は波頂高にほぼ等しくなると考えられるので、当然の結果と思われる。

4. む す び

以上、実験の結果について報告したが、要約するとつぎのようになる。

(1) 中心のうちあげ高はあまり大きくない。これは全部の例でいえることである。

(2) 交角中心線と同じ方向から波が入射する場合、一番大きなうちあげ高を示す箇所は、 $1/2 \sim 4/5$ 波長程度のところである。しかし波の入射方向が異なるとこの傾向はなくなる。

(3) うちあげ高の大きさは、 $\alpha=0$ の場合に対して一番大きくうちあげる場所で、1.5~2.5 倍ほどと考えてよい。またここでのうちあげ高は、 d/L , H/L による影響が大きく、 d/L , H/L ともに小さな波ではうちあげ高も非常に大きくなる。この傾向は交角が小さくなるほど強くなる。

(4) うちあげの形は、 d/L , H/L による影響をうけるが交角の大きさや、法線の長さ等による影響も加わって複雑に変化する。いずれにしても、一番大きな peak のできる位置は中心から 1 波長以内にある。

(5) 堤端に行くにしたがって、同方向から入射する場合にはうちあげ高は次第に小さくなっていくが、2 波長程度のところで $\alpha=0$ の場合のうちあげ高とほぼ一致する。

(6) 単純にうちあげ高の最大値のみを考えるならば、堤防交角中心線と波入射方向のなす角度が大きいほどうちあげ高は小さくなくなると考えてよい。

(7) 入射角が異なる場合、Test 1 左側では 2 波長位のところまで隅角部の影響が明瞭に表われている。右側では反射波の影響のため、斜入射より多少うちあげ高が大きくなっている。

(8) Test 2 では、ほとんど隅角部の影響はなく、左側では斜入射の値に近くなり、右側では波頂線の高さと同じうちあげ高になっている。

この実験を行なうについて、元海岸研究室長 細井正延博士、豊島 修氏に終始ご指導をいただいた。また、山下忠技官を始め海岸研究室の人達に実験および整理について協力をしていただいた。深く感謝の意を表する次第である。

参 考 文 献

- 1,2) 細井・首藤：「V字状法線をした海岸堤防へのうちあげ高」, 第 10 回海岸工学講演会講演集, 1963 年 10 月。
- 3,4) 細井・首藤：「堤防に斜に入射する波のうちあげ高について」, 第 9 回海岸工学講演会講演集, 1962 年 10 月。