

円形曲面壁による波の反射について

北見工業大学 工学部 正員 佐藤 幸雄
 “ “ 正員 ○ 鎌田 淑範

1. まえがき

波の反射に関する研究は数多くなされており、主題を反射に置かなくても護岸堤、防波堤などの海岸構造物の建設に伴う堤体の消波機構、並びに回折による波高変動に重要な因子となる、ている反射率を求めようとして、また、反射機構をとうえるために、さまざまな形式の構造物による反射・自然の地形による反射に関して実験によるアプローチがなされるとともに、有限要素法の適用などによって数値計算による波高の算定もなされている。一般に、反射率は入射波高 H_0 と反射波高 H との比 H/H_0 で表現されているが、鉛直壁による反射においては、壁面に対する波の入射角のちがひによつて反射率の値にかなりの差が出てくる。自然の海岸のように複雑に入り組んだ形状を有している壁面からの反射の場合は、ある地点の波高 H はその地点の入射波と反射波と他の地点からの反射波との合成波高になる、ていると考えられるため H/H_0 が2.0以上になる場合がある。

本実験は、鉛直壁が円形曲面を描いている場合の円形曲面壁による波の反射に関して実験的に解明しようとするものである。

また、Wiegel も円形曲面壁による波の反射に関して実験を行なっているが、本実験と比較・検討してみた。

2. 実験装置と実験方法

(a) 実験装置

実験水槽は、幅6.0m、長さ12.0mで表面はモルタル仕上げのものを使用し、造波機はフラッター式で周期・波高はギアによって調節できるものである。造波板は水槽の幅員とはば同じ幅員のもので $\angle$ 字鋼の型枠に塩化ビニール板を張ったものである。

円形曲面壁は高さ50cmのアクリライト板を連ねたものであり、裏側の支えによつて水槽の床から鉛直に固定させ、継目からの水の出入りを防ぐためシーラントで継ぎ目を閉じた。

また、水槽の側壁や曲面外からの反射波を防ぐため図-1の斜線部にブロック・砂利等で消波岸を設けた。

波高計は抵抗線式波高計を使用し、水位増幅器を通してビツグラフに波高を記録させた。なお実験水深は $d=30\text{cm}$ の等水深である。

(b) 実験方法

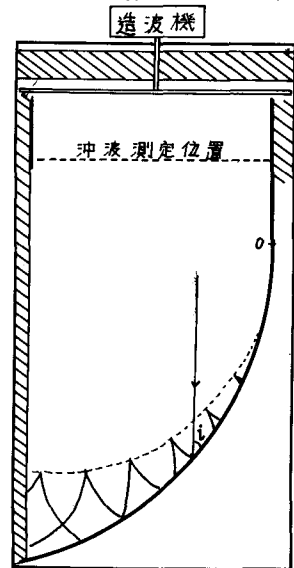
円形曲面壁は半径 R を5.0m、6.0m、7.0mに変化させた3種類を使用し、それぞれの半径の円形曲面壁について、3周期ごとの波高を組み合わせた9通りの波について実験を行なった。なお、周期の基準値としては、0.8sec、1.0sec、1.2secを用い、波高については、2.4cm、4.5cm、6.9cmを基準値とした。

沖波波高は図-1の破線の位置において1m間隔で測定しその粗加平均をとつて入射波高 H_0 とした。

また、曲面壁からの反射波高 H は壁面から2.0cm内側の波高を0点から入射角 θ が大きくなる方向に10cm間隔で測定した。

なお、測定にあたっては、水槽の側壁からの反射波の影響が出ないように注意した。

図-1. 実験水槽と幾何学的反射



3. 実験結果と考察

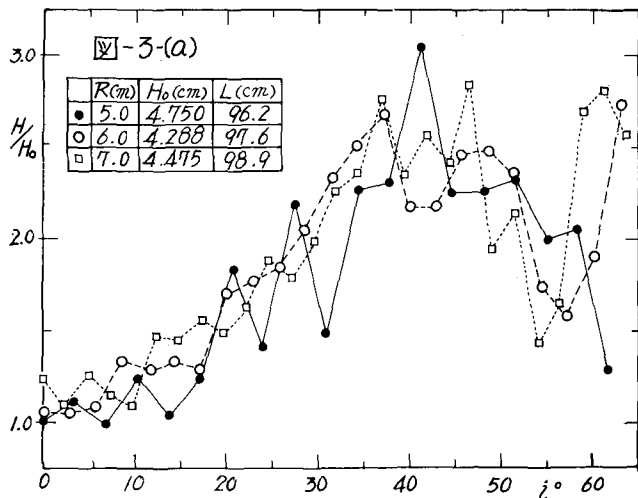
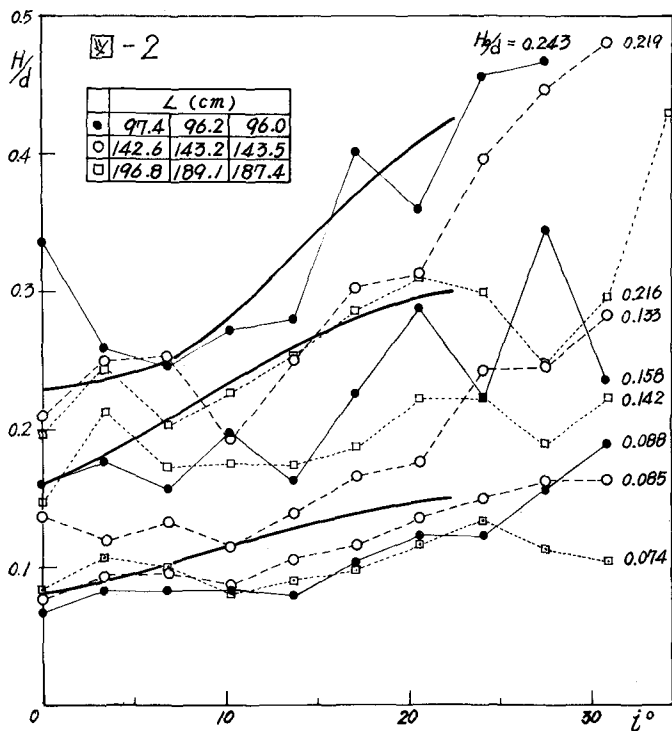
上記の方法に則て、実験を行なったのであるが、それと並行して写真撮影を行ない曲面内に形成される波峰線の形状や Wiegels が述べている Mach-stem の発生の状況について調べようとした。

図-1 に示した波峰線は、半径 7.0 m の円形曲面壁に波長 1.0 m の波が入射した場合の幾何学的反射による形成されるであろうと考えられるものであるが本実験においては、壁面付近ではこれとよく似た形で波峰線が現れていたが、幾何学的反射領域外の波峰線については、きりとは確認することは出来なかった。Stem に関しても写真撮影ではとらえることができたが、肉眼ではその発生が観察できた。Wiegels は崩れ波の形状で Stem が発生していると述べているが、本実験では、崩れ波のさうな形状は現れなかった。これは、実験水深の違いのためと思われる。

また、Wiegels は壁面に対する波の入射角 i によつて、 $i < 20^\circ$ のときは反射波がなく Stem のみ、 $20^\circ < i < 45^\circ$ のときは反射波と Stem、 $i > 45^\circ$ では Stem が発生せずに反射波のみと三形態に分類しているが、本実験では $i < 20^\circ$ のところでも反射波が出ていると考えられる。図-2、図-3 において $i < 20^\circ$ のところでも H/H_0 の値が振動しているのは反射波のために部分重複波が発生しているためと考えられる。

図-2 は縦軸に壁面の波高 H を水深 d で割つた値 H/d をとり、半径 $R=5.0$ m の円形曲面壁の場合の各々の H_0/d ごとに i についてプロットしたものである。太い実線は Wiegels が行なつた $R=16$ ft., $d=0.132$ ft. の場合の孤立波による値であり、上から順に $H_0/d=0.23$, 0.16 , 0.08 のものである。本実験による値は $i=10^\circ$ の付近で著ち込むが、これは入射波が周期波であるために部分重複波が生じているためと考えられる。 i が 10° 以上のところでは本実験による値は Wiegels の孤立波による値より低い値をとっているが、 i の増加とともに H/H_0 が増加する傾きはよく似ている。

図-3 は縦軸に H/H_0 をとり、円形曲面壁の半径 R を変化させた場合の H/H_0 について i についてプロットしたもので、(a) は周期 $T \approx 0.8$ sec. (b) は $T \approx 1.0$ sec., (c) は $T \approx 1.2$ sec. のものである。



波長 L が一定の場合には、円形曲面壁の曲率の変化に依らず、 H/H_0 が最大値をとる i にはほとんど変らない。また、 H/H_0 の増加の傾きも非常に似ている。これは、円形曲面壁による波の反射の場合、波の入射角 i が非常に重要な因子であることを示しており、同一波長の場合に入射角 i で反射率が定まると言えるわけである。

波長 L が変化した場合には、 L が短かいはじめ H/H_0 は振動を数多くして増加して行き、 L が長くなるにつれて振動数は少なくなるが、これは H がある地点の入射波とその地点の反射波とその他の地点からの反射波との合成波高と考えられるので、当然振動数は波長が長くなるほどその数は少なくなる。また L が長くなると合成波の成分のうち、その他の反射波は i の小さな点即ち反射率の小さな点からの反射波であること、曲面内の入射波の峰の数が少なくなることから合成波高は小さくなるはずである。本実験では、図-3のように入射角 i が現われる前までは、 L の長いものはじめ H/H_0 は小さく、現われる直前になると H/H_0 の増加は急激になり、 H_{max}/H_0 は波長の長いものはじめ大きな値をとった。また波長が長いほど H_{max}/H_0 の現われる i の値は一定となり、 $L=96\sim100\text{cm}$ では $i=36\sim52^\circ$ で、 $L=140\sim145\text{cm}$ では $i=49\sim54^\circ$ で、 $L=186\sim197\text{cm}$ では $i=46\sim52^\circ$ で H_{max}/H_0 が現われた。

4. あとがき

本実験によ、円形曲面壁による波の反射においては波の入射角 i が重要な因子であることが確認されたが、波長に依しては更に多種類の波について実験を行なう必要があるだろう。また本実験においては壁面の波高だけを測定したが、波峰線の形状・stemの発生を明確にとらえるためには曲面内側の点の波高を測定する必要があると考えられる。特にstemに関しては壁面付近の波高に大きな影響を及ぼすものであるので、これを明確にとらえる手法の検討が必要である。また、不等水深の場合についても言うまでもないだろう。

おわりにあつて、本実験を行なうに当つて、実験・計算に協力してくれた本学学生の河野・西谷両君に謝意を示す。

(参考文献) ・水理公式集(土木学会編・46年版) ・海岸工学講演会論文集(13回, 18回, その他), その他
・COASTAL ENGINEERING (water wave equivalent of Mach stem. by R.L. Wiegel)

