

II-14 湾内津波の一実験

東北大学工学部 正員 岩崎敏夫

東北大学大学院 学生員 〇真野 明

同上 前原隆生・長谷川 明

1. まえがき 釜石湾と両石湾は、一つのW型の湾を形成しており、さらに釜石湾の中で、平田湾に枝分れした2重W型湾を形成している。ここでは明治29年の三陸津波でとくに大きな被害をうけており、踏査報告には釜石で最大浪跡高5.4～7.9m、両石で10～13mという記録が残っている。本研究では、特にこの明治29年津波の規模を対象とした。この湾の水理模型実験および数値計算により、湾内の振動について明らかにしようとするものである。

2. 実験概要 模型にとり入れた範囲を図-1に示す。釜石、両石湾を含み、真東を大型平面水槽の長さ方向に一致させた。模型縮尺は水平1/600、鉛直1/120とひかませており、標高20m、海底部-100mまでとり入れである。時間縮尺は $(1/600)/(1/120)^{1/2}=1/54.8$ であり、粗度は実際よりかなり小さくなっている。計測は、おもに、水際線に沿って行ない、電気抵抗線式波高計と最高浪跡高測定装置を用いた。後者は着に左ロシアン化カリウムと硫酸第二鉄アンモニウムを塗り、水がふれるとこれが化合して、ベルリンブルーの紺色の化合物を生じ、その痕跡を測るものである。抵抗線式波高計の測点として、白浜・平田・釜石・両石・飯宿の湾奥5地点と、外用波検出用としてP4、最大浪跡高用測点として、65地点を選んだ。波は、既報の長波の研究用造波装置により、正弦周期波を10波造波した。運輸省の数値計算により、明治29年津波は周期16分と推定されている。このとき釜石で、最大浪跡高T.P. 7.9mを記録する外洋波高を検出し、その波高で、T=16分の他、10分、13分、15分、18分、20分、30分、45分の8種類の周期を選び実験を行なった。水位は、満潮位T.P. 0.64mである。

3. 実験結果および考察 釜石、両石での最大浪跡高を表-1に示すが、釜石では、T=18分で10.8m、両石は、T=15分で19.2mが最大値であった。上述したT=16分では、両石の方が約2倍と高く、踏査報告の数字には中があるが、それに適合するような周期は16分から、18分の間の周期であることが推測される。特にこの16分、18分の周期では、釜石、両石湾で一方が押し波のときに他方が引き波という現象が顕著に観測された。相田は、女川湾において、2次元の固有値問題を解くことにより、横振動の固有周期が存在することを示しており、この方法をここに適用する。波高 $z(x, y)$ は、ヘルムホルツ型方程式 $\frac{\partial^2 z}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 z}{\partial y^2} + \omega^2 z = 0$ を満足する。ここで h は水深、 ω は角周波数である。図-1の模型を、図-2のような格子模型におきかえ、上式の中央差分をとり、格子の総数をNとすると、N元連立同次方程式となる。境界条件として固体壁で完全反射、沖では $z=0$ をあたえる。これからN個の固有値とそれに対応する固有ベクトルが求まる。計算の結果、固有周期は、大きい方から順に、T=36.7分、18.7分、13.3分、9.8分……であった。図-2 a), b) に

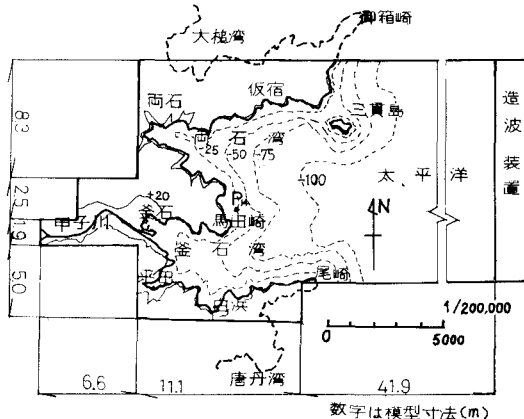


図-1 模型範囲

表-1 最大浪跡高 (T.P. m)

T(min)	10	13	15	16	18	20	30
釜石	8.0	6.6	8.9	7.9	10.8	10.6	4.9
両石	9.2	15.0	19.2	15.6	11.3	10.7	5.2

$T = 18.7$ 分、 13.3 分の場合の振動モードを示す。太い一点鎖線が、振動の節を示す。 $T = 18.6$ 分では、釜石湾の湾口付近に節が存在し、両石湾と釜石湾では、位相が逆になっていることが示され、この周期は、横方向の振動の固有周期であることがわかる。水理模型実験における、両石湾奥での波の山の発生時刻から、釜石湾奥でのそれを引いた位相差 Δt を各周期に対してプロットしたものを図-3に示す。

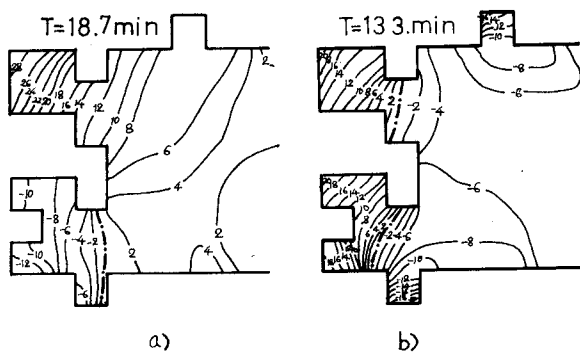


図-2 振動モード

$T = 18$ 分において、両石で5.3分早くピークがあらわれており、上述の議論と一致する。一方、 $T = 13$

分においては、逆に釜石の方が若干早く振動している(Δt が負)が、その大きさはほぼ零であり、 $T = 18$ 分とは対照的である。 $T = 13.3$ 分の場合の計算による振動モードを図-2 b)に示すが、節はいずれも釜石湾、両石湾の湾口のサレ内部に存在し、外洋の振動に同期して、各湾内で縦方向の振動を起していることがわかる。また、平田と釜石が、一つのW型の湾の湾奥になっているが、その横振動固有周期は10分より短く、今回の実験では確認されなかった。

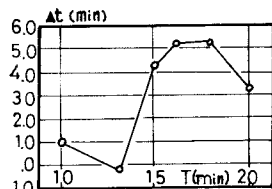


図-3 横振動

この湾については、運輸省によりさらに詳しい数値実験が行われており、水際線に沿う最大浪跡高を、この数値計算の最高水位と比較する。数値計算では第4波までの最高であり若干条件が異なる。

図-4は $T = 16$ 分の場合の比較であり、○が実験値、●が計算値で、釜石のT.P. 7.9mを一致させてある。横軸は仮宿から尾崎にいたる海岸線をほぼ等距離に伸開したものである。大体の傾向としてあっているが、各湾奥(白浜・平田・釜石・両石)におけるピークが実験では鋭くあらわれている。特に両石湾は、海底露出も大きく、やりもどしによる遡上効果の大きいところであり、平面的にもV字型の先細りの湾となっているために、湾奥での波高が非常に増大し、計算結果よりかなり大きな値を得ている。

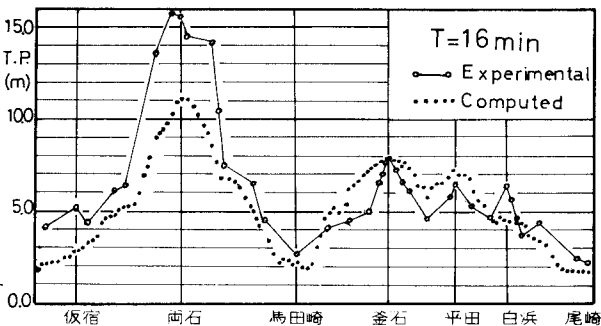


図-4 最大浪跡高分布

4. あとがき 本研究では特に横方向の振動が明らかになり、増中の度合も他の振動モードに対して大きく、明治29年津波は、この横振動固有周期に近い周期であったことが推測される。また今回行われなかった、10分より短い周期のさらに小さい湾での横振動、あるいは40分以上の長周期において、今回とり入れた模型範囲外からの横振動の影響は今後の検討課題である。また数値実験はおおまかな振動形状を決めるためには、水理実験において多くの測点を設けることが困難なことを考えると、非常に有効な手段である。しかし、遡上効果や、傾斜海底の効果が十分にとり入れられない現在、特に津波の防災上重要となる、湾奥での波高予測には、水理実験の結果が重要になってくることがわかる。最後に、計算結果を利用することを御承諾下さいました運輸省横浜調査設計事務所に感謝の意を表します。

参考文献: 岩崎寛理・佐藤: 津波の訂線における水理特性と陸上遡上, 第17回海岸工学講演会論文集(1970)

K.Honkawa・H.Nishimura: Characteristic Oscillation in a Basin with a Branch, Coastal Eng. in Japan, 11 (1968)

I.Aida: Long Period Waves in The Vicinity of Onagawa Bay (II), J. of Oceanographical Soc. of Japan, 30 (1974)

岩崎・森河・真野: 津波の湾内変形に関する実験的研究, 第28回年次学術講演会講演概要集(1973)