

中央大学理工学部 正会員 林 泰造 ○学生員 松島 英夫

1. まづが 河川津波水門に加わる津波の波力に関する実験的研究を行った。この実験のためには、まず実験における津波のモデル化が必要であるが、本研究においては、津波は長周期入射波との共振による湾のセインシュミレーションの様な場合と想定し、その様な場合にこの研究を行うための実験装置を造り、これによる実験を行った。直立壁に入射するV字型湾内の津波の特性と湾奥直立面内に設けられた津波水門に作用する波圧の研究を行った。

2. 実験装置及び方法 図-1に示す実験装置を用い、湾に接続された水槽のA奥へ高水槽から一定流量を流入させ、制水ロウジアンフの原理に基づいて、B奥のパタフライバルブの操作によりポートから流入・出させ、津波を発生せしめた。パタフライバルブからの流出量は、 $Q = (1 + \sin 2\pi t/T) Q_0$ である。ここで、 Q_0 は高水槽からの流出量を表わす。一方、ポートからの流入・出量の時間的変化は、 $Q_0 - Q = -Q_0 \sin 2\pi t/T$ である。

湾内・外の諸特性を調べるため、湾口からNo.1=1.4m, No.2=0.8m, No.3=3.4m, No.4=4.0m, No.5=5.6m, No.6=7.2m のところには、計6本の抵抗線式波高計を設置した。さらに、湾奥の波力を知るため湾奥鉛直壁面はφ40mm, 容量0.1Kg/cm²の金ゲージ式波圧計を装備した。また、波の挙動をより明確に把握するため、16mmカメラによる高速撮影及びモータードライブカメラにより、0.5秒間隔で撮影を行った。

実験条件は、河川津波水門を対象とし、このため、湾奥の水深は近似的にゼロと考える、これ迄の三陸北部地方の地震津波を考慮し、2引波から始まることは1である。図-1に示す形状の湾における共振周期は、近似的には求め得るが、厳密には決定できない。故に、近似的に周期を算定した後、実験的に種々のcaseを試み決定することにした。その結果、模型の第1共振周期は11秒とみられ、以後全2この周期が実験を行ったことは1である。実験データは第4波までと整理することにした。これは、実験装置からくる制約で、それ以後のデータには沖からの反射波等の様々実際の現象とは異なる効果を加わるからである。

3. 実験結果及び考察 本実験の場合、起った波が実際の津波と相似があるかどうか重要な点がある。そこで、津波の相似則として次式を示す権補の無次元値を考慮することにする。

$(\omega/s) \sqrt{h_0/g} \quad (\equiv K \text{ とおく}) \quad \dots (1) \quad T=1, \quad \omega=2\pi/T$ は津波の周期、 s は水深勾配、 h_0 は湾口の水深である。本実験におけるこの値を計算し、 $K=2.2$ とし、三陸地方の東震津波と同程度の値を示している。よって、本実験における波は津波と考えられる。

図-2は湾内での波の挙動の一例を示したもので、写真撮影をも考慮すると波の挙動は定量的に把握される。即ち、波が一番引いた時 $t=0$ とすると、波先端は $t=2.0$ で湾奥に達し、反射波として2段波が湾奥から沖方向へと進み、次第に undular 波段波へと変形しながら $t=6.5$ で湾外へ達する。同時に湾奥の波が急激に引き始め、約11秒で最も引いた状態になる。以後、このパターンが同一周期で繰返される。波の先端に着

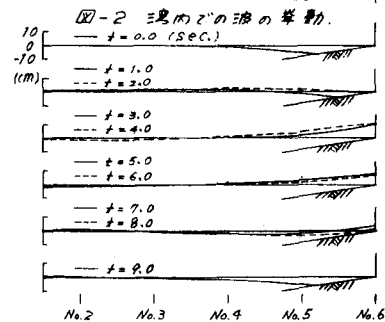
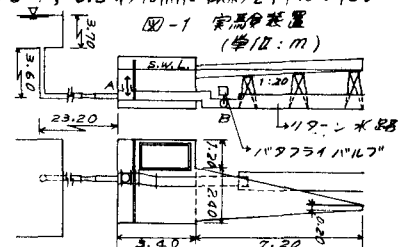
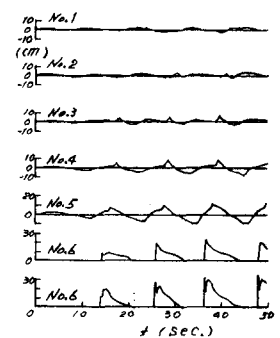


図-3 湾内外の波高変化



目1の場合、本実験の津波の規模では第1波目は、波の迎上過程において破砕せず、2波目からは共振効果に依り2波目する(2波目は時々の破砕1波目)特性を有する。図-3は湾内、外2の波高と湾奥2の全波力の時間的変化を明示したものである。一番下のNo.4は波圧に使用するもの2、その下は湾奥に生ずる波力に相当した静水圧水深換算値を示した。この図は破砕時の例であるが、波力の時間的挙動は短周期波の破砕圧の $\times \pi = \pi \times m$ と同一の様である。しかし、全波積に占める衝撃圧による割合は、防波堤の設置位置・水深勾配及び波の特性等によることがあるが、短周期波の場合に較べかなり少ない様がある。また、衝撃圧と静水圧部の力の大きさは同程度である。このことから、今回想定した津波水門の設計波力は衝撃的波力に2分配をすればよい様がある。図-4は図-3で得られた時直波形を基に、湾口波高に対する局所波高の増幅率を第1波から第4波まで図示したものである。図中の実線は線形理論に基づくGreenの法則、 $H/H_0 = (B/B_0)^{1/2} (h/h_0)^{1/2}$ である。ここに、 H : 局所波高、 B : 湾幅、 h : 水深、 H_0 : 湾口波高、 B_0 : 湾口幅である。これによると、湾内2の波高増幅は湾奥に直立壁があり、 $\alpha = 2$ と大きく反射する様な場合には、津波の全波高をとればGreenの法則はよい目安にたつることを示している。また、同図から本実験の場合、3波目程度で最大共振波高に達する様がある。図-5は湾奥2の最大波力と最大波高との関係を図示したものである。図中の実線は最大波高時の水門の受ける静水圧を図示したもので、 $F_m = \rho g h_0 A \dots (2)$

図-4. 湾内2の波高増幅

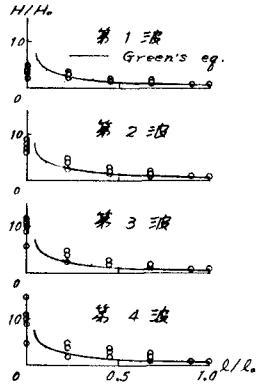
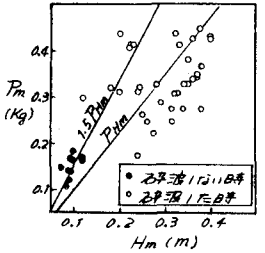


図-5 $F_m - H_m$ の関係



で求めたものである。ただし、 $h_0 = H_m - D/2$ 、 D : 水門の高さ、 A : 水門の面積である。これによると、本実験では第1波目は破砕せず、その時の最大波力は最大波高時の静水圧の1.5倍程度で、破砕1の場合と明確に区別されるようである。この時の $\times \pi = \pi \times m$ は次の様に解釈される。第1波目は全体的に水粒子の速度が小さく、衝撃圧は小さい。よって、壁面に衝突した後の水粒子の鉛直加速度は小さく、衝撃圧と静水圧の合力からの鉛直加速度による減少分が小さく衝撃圧の効果が解消される。2波目以降は波先端が破砕(surging breaker)と呈し、その時の最大波力は最大波高時の静水圧とほぼ同程度の様である。この $\times \pi = \pi \times m$ は第1波目と同じく、たゞ壁面衝突後の水粒子の鉛直向上の加速度が大きいため、衝撃圧と静水圧との合力と加速度による減少分とのトータルが静水圧と同程度と比べると考えれば良い様である。以上の結果から、津波水門に加わる波力はほぼ式によって評価できる様である。 $F_m = (1.0 \sim 1.5) F_{Hm} \dots (3)$ 故に、湾奥2の増幅波高が評価できれば、津波水門の設計波力が推定される。

4. 結語 湾幅・水深が一樣に変化する湾に入射する津波の湾内2の諸挙動及び水門に加わる波力と調べる実験的研究を行った。本実験で得られた諸結果は次の様である。1) 本実験において重要な点である津波の再現について提議の相似則は満足と確認された。2) 湾内2の波高増幅は、湾奥に直立壁があり、 $\alpha = 2$ と大きく反射する様な場合には、津波の全波高をとればGreenの法則がかなりよい目安にたつる。3) 湾奥2の波高はGreenの法則が予測し得るもので、(2)・(3)式を用いて津波水門に加わる最大全波力を予測することはできる。

謝辞: 本研究遂行に当り昭和49・50・51年度文部省自然災害特別研究「三陸津波来襲時の被害予測(津波防波堤破壊時を含む)」(研究代表者岩崎敏夫教授)による研究費補助を受けた。記して謝意を表す。また、実験に当り、当時学部学生であった岸本 功・毛利 仁の両君及び今井 秀良助講師の熱心な協力を得た。また、大学院博士課程・尾崎孝男君よりいろいろの討議をうけた。これらの諸君にも深甚なる謝意を表す。

参考文献: 1) 提議欣二郎: 津波の浅水変形と上り(中間報告), 昭和49・50年度文部省科学研究費自然災害特別研究(1)「三陸津波来襲時の被害予測(津波防波堤破壊時を含む)」中間報告(研究代表者岩崎敏夫), 昭和51年11月, pp. 69-81. 2) 岩島 恒: 直立壁に働く全波力について, 土木学会海岸工学講演会講演集, 昭和34年。