

大阪大学工学部 正 員 榎 木 亨
大阪大学工学部 正 員 後野 正雄
大阪大学大学院 学生員 高久 雅喜

1. まえがき : 著者はすでに棧橋のリブ付床版と平床版に作用する揚圧力特性を比較し、クリアランス高比 D/H による局部揚圧力の変化は両者で大きく異なり、 D/H の比較的大きな領域においてはリブ付床版の方が大きな波圧を示すこと、局部揚圧力の空間分布が重複波の波高分布と対応し棧橋最奥部において最も強大な波圧を示すことを明らかにしている。そこで本研究は棧橋床版最奥部のリブブロックに着目し、ここに作用する局部揚圧力の発生機構を実験的に明らかにし、リブ付棧橋床版に作用する揚圧力の算定法を提案するものである。

2. 実験方法 : 実験水槽は前報と同様のものを用い、床版下のマウンドは設けず、水平床とした。実験に用いた床版は、図-1に示すように床版最奥部にのみリブブロックを設けている。波圧強度はこのリブ寸法等によっても変化すると考えられることからリブ高 R_h は2, 4, 6cm, リブ幅 R_w は4, 8, 12cmの3種類とし、これらの値を種々組み合わせて実験を行なっている。またリブ下面と静水面の距離 D' も2~6cmと変化させている。またリブブロックの中央部には波圧計を設置し、その近傍と沖側リブ下面には水面の接触の瞬間を知ることできる接水センサーが設けてある。この接水センサーにより求められた水面の接触時刻と波圧計の時系列を比較することにより、局部揚圧力の発生機構を推定することができる。実験においては、比水深 h/L 、棧橋長波長比 l/L をそれぞれ0.28, 0.37の一定とし、波形勾配 β は、0.025, 0.037, 0.050の3種類とした。

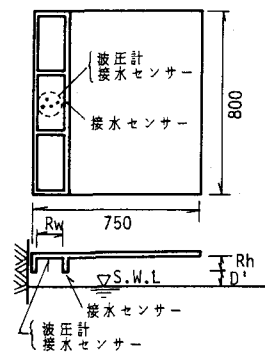


図-1 実験装置

3. 局部揚圧力の発生機構の分類 : 波圧計の時系列と波圧計近傍および沖側リブ下面の接水センサーによって得られた接水時刻を比較することによって、揚圧力の発生機構を3つのタイプに分けることができる。図-2~4はそれぞれの代表的な波圧時系列の例を示したものである。図中の記号 R は沖側リブ下面に水面が接触した時刻であり、鉛直壁前面に形成される重複波の波形で考えれば、この時刻においてリブブロックに空気が閉じ込められるものと判断できる。同じく S は波圧計近傍の接水センサーに水面が接触した時刻であり、本研究ではこの時刻をもって波圧計に水面が接したものと見なし以後考察を行なう。また図中 T_p は波圧計がピーク値を示した時刻である。以下タイプ別に説明を加える。(i)タイプ-I・図-2に示したタイプは時刻 R 、時刻 T_p 、時刻 S の順に表れるもので、時刻 S の生じない、すなわち波圧計に水面が接することなく波圧の生じる場合も見られる。このタイプはリブブロックに閉じ込められた空気の圧縮によって発生するBagnold型の力である。一般に、Bagnold型の波圧は減衰振動型を示すが、本実験においては図-2のよう単発型のものも見られた。

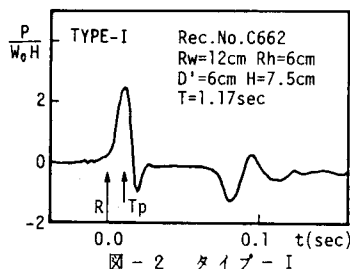


図-2 タイプ-I

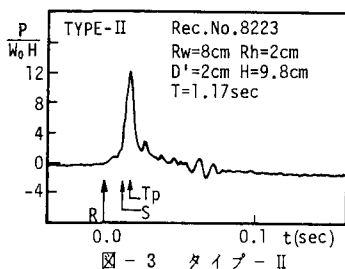


図-3 タイプ-II

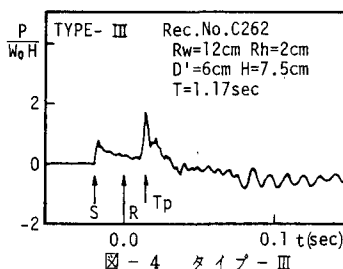


図-4 タイプ-III

(ii) タイプⅡ・ 図-3においては時刻R, S, T_p の順に生じ、時刻Sの直後に波圧のピークが生じている。この揚圧力は明らかに水塊の衝突によって生じたものであり、谷本らの言うWagner型の力であるといえる。しかし水面が波圧計に衝突する以前にリブブロック内に空気が閉じ込められており、単純なWagner型として取り扱うことは難しいものと考えられる。(iii) タイプⅢ・ 図-4においては波圧のピークが2ヶ所に表われ、1番目のピーク(T_p)はタイプⅡのWagner型に相当し、2番目のピーク(T_p)はタイプⅠのBagnold型の力であって、結局タイプⅢはタイプⅠとⅡの混合型であるといえる。本実験結果においては1番目のピークの表われない場合も有り、一般に2番目のピーク値の方が大きく、Bagnold型の力が卓越している場合が99あった。上述したことをとりまとめると、リブブロック内の局部揚圧力としてはBagnold型(タイプⅠ), Wagner型(タイプⅡ), および混合型(タイプⅢ)の3つの型に分類できる。これらは本質的にその発生機構が異なるものであるから個々に揚圧力の算定方法を求めるべきであろう。しかし正確な揚圧力算定のためには空気の挙動を含め、リブの影響を考慮してリブブロック内の水面の運動を求める必要があり、非常に困難な問題といえよう。そこで本研究では基礎的段階として、3つのタイプすべてにおいて時刻 T_p がリブブロック内に空気が閉じ込められた時刻Rの後に生じている事実に着目し、すべてのタイプに対して空気圧縮モデルが適用可能と考えて局部揚圧力の算定を試みる。

4. 空気圧縮モデルの適用 : ここで次式に示す光島⁽²⁾によって求められた空気圧縮モデルを用いる。

$$P/P_0 = 1.18 Bg^{1/2} + 1.2 Bg \quad \text{--- (1)} \quad Bg = \rho K U_0^2 / \rho_0 d \quad \text{--- (2)}$$

ここに、 ρ : 水の密度、 U_0 : 空気閉じ込め時の水面上昇速度、 d : 空気の初期閉じ込め厚さ、 P : 大気圧を原点とした空気の最大圧力、 P_0 : 大気圧、 K は付加質量厚さと呼ばれる量であって圧縮される空気と共に運動する水塊の量を表わしている。この K は一般に一定値として扱われ、初期条件より求められているが、実際には時間変化するものであろう。本研究においては図-5に示すようにリブ下面に仮想平面を考え、この平面に波が衝突する場合の付加質量を半円で与え、これを直径で除して付加質量厚さ K とする。さらに K は時間的に変化するもので、リブブロック内に空気が閉じ込められた瞬間(図中実線)から水面が最も上昇する(図中破線)までの K を線形に変化すると仮定し時間平均したもの(図中1点鎖線)をもって(2)式に用いる付加質量厚さとみなした。このように仮定すると K は近似的に次式で与えられる。

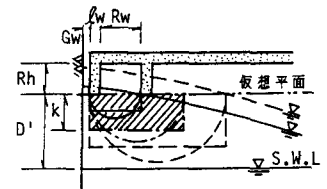


図-5 付加質量厚さ

$$K = \frac{\pi}{16} \left\{ R_w + l_w + \frac{L}{2\pi} \sqrt{1 - \left(\frac{D}{H} \right)^2} - G_w \right\} \quad \text{--- (3)}$$

ここに、 l_w , G_w は図中に示す通りである。図-6は(1)式と実験値を比較したもので、(2)式中の U_0 は微小振幅重複波により求め、 d には R_h を用いた。この図より(1)式はBagnold型のタイプⅠ(図中白抜き)に関しては十分な精度でそのピーク値を予測しているといえる。一方、タイプⅡ, Ⅲ(図中ひげ付, 黒塗)についてみると、(1)式はやや安全側の値を与えるが、定性的な傾向は十分に表現できているといえよう。特にWagner型のタイプⅡがBagnold型の(1)式によってその定性的傾向が表わされていることは興味深い事実である。以上の事よりWagner型といえどもBagnold型の影響を強く受けていることが推察される。またBagnold型とWagner型の相似則は異なり、実験室スケールと現地スケールで力の評価が異なることと合わせて考えれば、特にタイプⅡ, Ⅲに対する揚圧力の算定方法として、Bagnold型, Wagner型の両者を同時に考慮した方法が必要であると思われる。今後さらに検討を加えていく所存である。

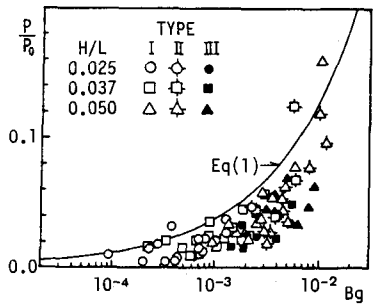


図-6 空気圧縮モデルによる算定法

- ・参考文献 (1) 榎木, 後野: 橋床版下面のリブによる揚圧力特性の変化について、第39回年次学術講演会講演概要集、1984
(2) H.Mitsuyasu: Shock Pressure of Breaking Wave, Proc. of 10th. Conference on Coastal Engineering, 1966