

II - 59

岩礁海岸における波の打ち上げ特性について

北海道開発局 開発土木研究所 正員 藤池貴史
 正員 早川哲也
 正員 木村克俊
 正員 明田定満

1. まえがき

岩礁海岸の汀線近傍に架設された橋梁では、波によって打ち上げられた水塊や飛沫が、橋梁自体の耐久性や車両通行に影響を及ぼす危険性がある。このため、橋梁の路線や桁下高さの決定に当っては、設計波浪に対する波の打ち上げ特性を考慮する必要がある。とくに急峻な海蝕崖や平面的に見たV字形地においては、波の打ち上げが顕著となることが知られている(豊島ら, 1964; 豊島ら, 1965; 富永ら, 1966)。しかしながら、こうした条件に適用可能な波の打ち上げ高さの算定法は確立されていないのが現状である。

本報告では水理模型実験結果に基づいて、岩礁の断面および平面形状が波の打ち上げ特性に及ぼす影響を明らかにするとともに、岩礁海岸近傍に架設された橋梁に働く波圧特性について若干の検討を行う。

2. 模型実験の概要

(1) 実験施設および模型

実験は2次元水路(長さ28m、幅0.8m、高さ1m)に勾配1/30のモルタル製海底床を製作して行った。模型の断面形状は図-1(a)に示すように岩礁設置水深 h を20cmで一定とし、静水面からの岩礁高 hr および岩礁の傾斜角 θ を変化させた。また平面的には図-1(b)に示すように、狭窄部の長さを150cmで一定とし、狭窄前の幅 b_0 および狭窄後の幅 b を変化させた。

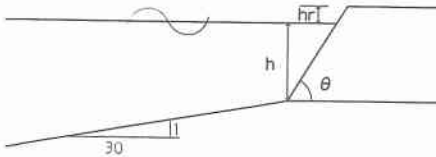


図-1 (a) 断面形状

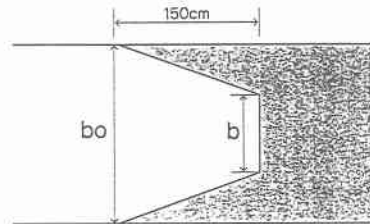


図-1 (b) 平面形状

(2) 実験条件

実験は、①打ち上げ高さの測定実験、②橋梁に働く波圧実験の2種類に分けられる。なお、実験波はすべて規則波とし、周期 T を1.46、1.83および2.37sの3種類、岩礁設置水深 $h=20$ cmにおける入射波高 H を5.9~18.0cmの範囲で変化させた。

実験①では、波の打ち上げ高さに及ぼす断面形状および平面形状の影響を調べるため、それぞれ表-1(a)および表-1(b)に示す実験を行った。また実験②に関しては、狭窄の無い直立岩礁($hr=1$ cm、 $\theta=90^\circ$)に対して、非碎波条件で発生する最大波($T=1.83$ s、 $H=18.0$ cm)に限定して、橋梁の桁下高さか作用波圧に及ぼす影響を検討した。

Characteristics of wave overtopping on craggy coast

by Takashi FUJIIKE, Tetsuya HAYAKAWA, Katsutoshi KIMURA and Sadamitsu AKEDA

表-1(a) 実験条件

		hr (cm)		
		1	10	20
θ	90°	○	○	○
	63°	○		
	45°	○		

表-1(b) 実験条件

		bo (cm)	b (cm)	bo/b
hr=1cm	$\theta=90^\circ$	80.0	80.0	1.00
		40.0	23.7	1.69
		80.0	29.0	2.76
	$\theta=90^\circ$	80.0	14.0	5.71

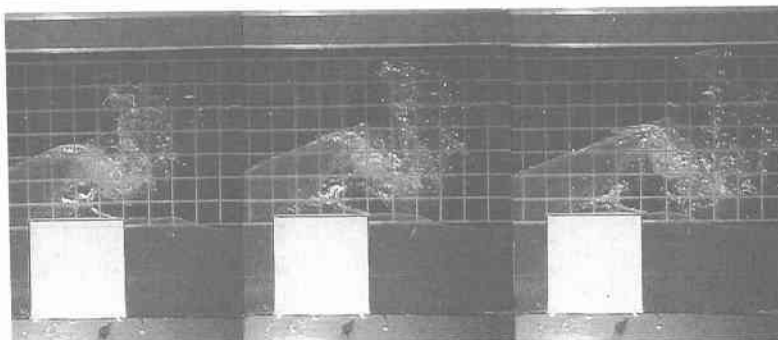


写真-1 波の打ち上げ状況 (hr=1cm)

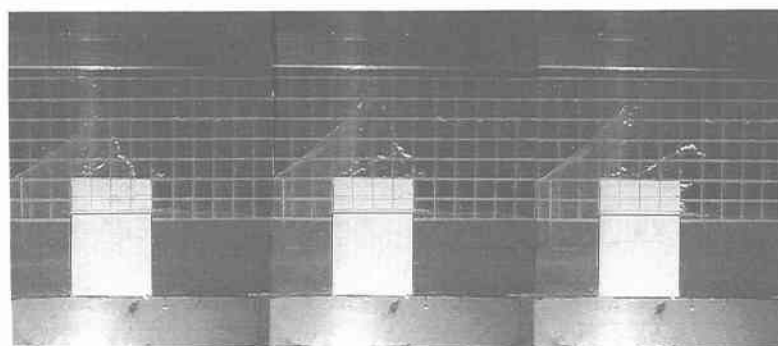


写真-2 波の打ち上げ状況 (hr=10cm)

3. 波の打ち上げ特性

(1) 岩礁高さの影響

実験ではデジタルビデオカメラを用いて波の打ち上げ状況を撮影した。写真-1、2は狭窄の無い直立岩礁 ($\theta=90^\circ$) に、 $T=1.83s$ 、 $H=18.0cm$ の波浪が作用した状況を約66ms間隔で連続的に示している。写真-1に示す岩礁が低い ($hr=1cm$) 場合には、波が直立岩礁に衝突した際に飛沫が発生し上方に打ち上げられ、波の実質部分は水平方向に移動する。写真-2に示す岩礁が高い ($hr=10cm$) 場合には、水塊が上方に打ち上げられるのが特徴である。ここで、波の実質部分の最高到達点を読み取り、波の打ち上げ高さ R と定義した。

図-2は無次元打ち上げ高さ R/H と波高水深比 H/h との関係を示している。 R/H は、 $hr=1cm$ の場合 1.0~1.6、 $hr=10cm$ の場合 1.5~1.8、 $hr=20cm$ の場合 1.5~2.2 の範囲で変化している。また、周期の長い $T=2.37s$ の場合に、他の周期と比較して R/H がやや小さくなる傾向がある。図中の実線は、以下に示す高橋ら(1992)の方法によって求めたものであり、ピーク値を境に非越波と越波とに区分される。

$$\frac{R}{H} = \begin{cases} 1.0 + \frac{H}{h} & : \frac{H}{h} < \frac{-1 + \sqrt{1 + 4hr/h}}{2} \\ \frac{1 + \sqrt{1 + 4hr'/h}}{2} & : \frac{H}{h} \geq \frac{-1 + \sqrt{1 + 4hr/h}}{2} \end{cases}$$

$$hr' = hr \frac{H/h}{2 \frac{H}{h} - \frac{-1 + \sqrt{1 + 4hr/h}}{2}}$$

ここに、R：打ち上げ高さ、H：入射波高、hr：岩礁高さ、h：水深である。

実験結果は、計算結果に比べてやや大きくなる傾向がある。その理由としては、高橋らの実験では打ち上げ高さRを堤体前端上で定義しているのに対して、本実験では波の実質部分の最高到達点と定義している影響が大きい。また、高橋らは比較的水深の大きな条件の低天端防波堤を対象にしているのに対して、本実験では浅海域の岩礁を対象にしているため、実験条件の範囲が異なる影響と考えられる。

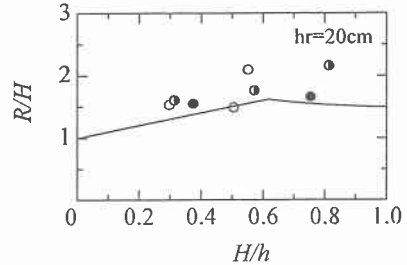
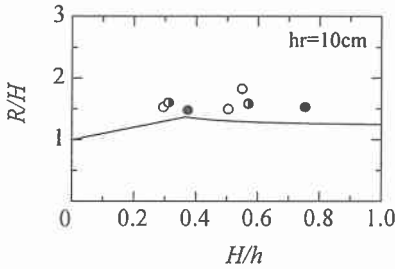
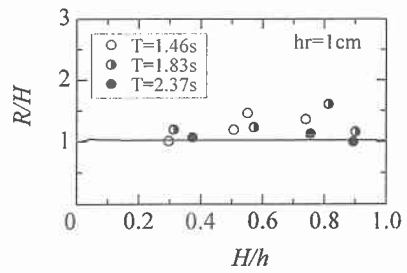


図-2 波の打ち上げ高さに及ぼす岩礁高さの影響

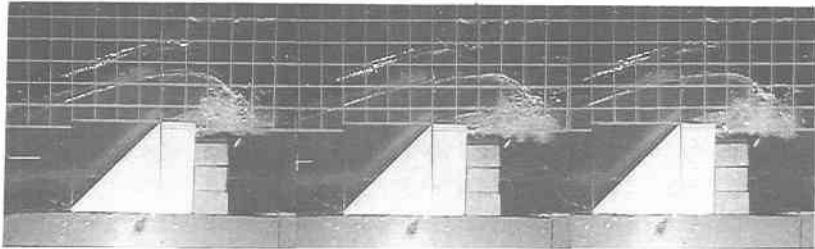


写真-3 波の打ち上げ状況 (hr=1cm, θ=45°)

(2) 傾斜角の影響

写真-3は狭帯の無い傾斜岩礁 (hr=1cm, θ=45°) での波の打ち上げ状況を連続的に示したものである。波浪条件は前出の写真-1、2と同じT=1.83s、H=18.0cmである。傾斜岩礁では直立岩礁に比べて、

波の打ち上げ状況は前方へ越流する傾向が顕著となり、飛沫はあまり発生しない。

図-3 は、傾斜角をパラメーターとして、 R/H と H/h の関係を周期ごとに示している。いずれの周期に対しても直立岩礁は波の打ち上げ高さが最も大きくなり、傾斜角が緩くなるにしたがい、波の打ち上げ高さは小さくなる。

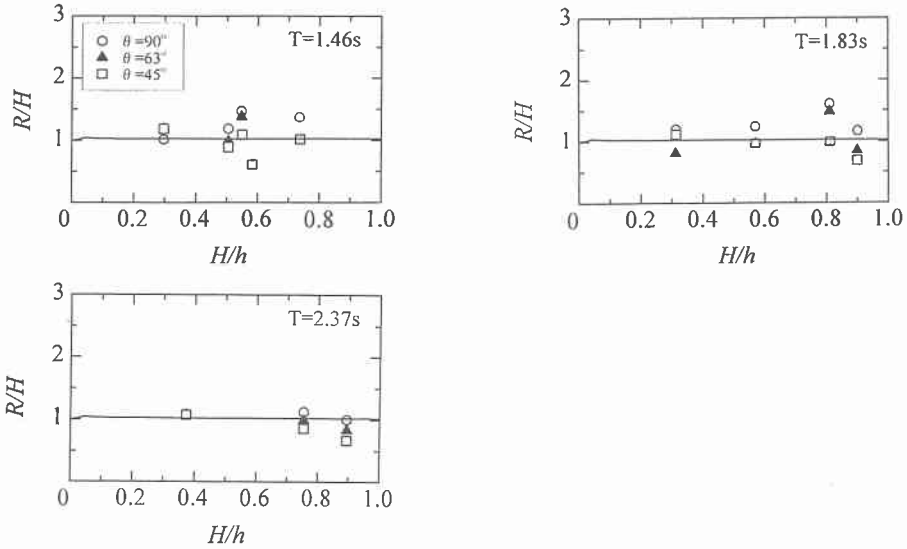


図-3 波の打ち上げ高さに及ぼす傾斜角の影響

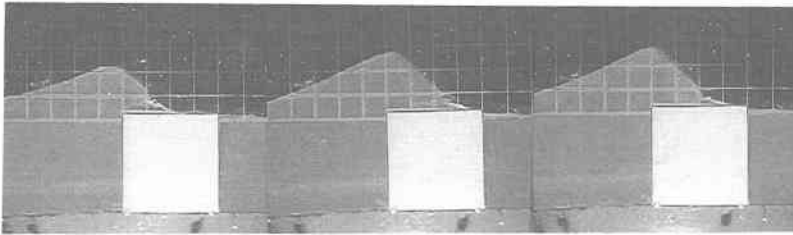


写真-4 波の打ち上げ状況 (hr=1cm, bo/b=1.00)

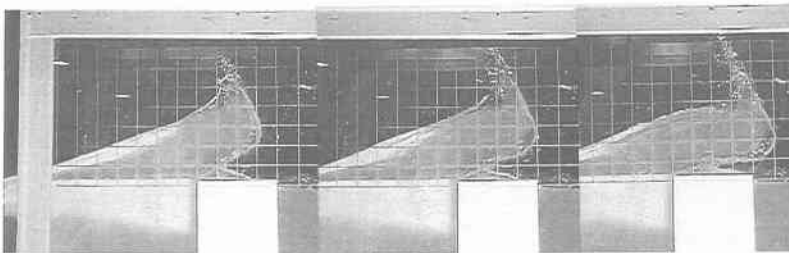


写真-5 波の打ち上げ状況 (hr=1cm, bo/b=5.71)

(3) 狭窄率の影響

写真-4、5 は、狭窄率 $bo/b=1.00$ 、 5.71 の条件で、 $T=1.83s$ 、 $H=11.4cm$ の波浪が作用した状況を連続的

に示している。写真-4 に示す狭窄率 $b_0/b=1.00$ では、波面が水平方向に移動し、波の実質部分が岩礁を越流している。一方、狭窄率が大きくなると、写真-5 に示す狭窄率 $b_0/b=5.71$ の場合に見られるように、波の先端部が上方に打ち上がるようにして波面が進行している。

狭窄率が大きくなるにしたがって、波の打ち上げ高さが大きくなることから、狭窄率を考慮した波の打ち上げ高さを検討した。図-4 は、狭窄率をパラメーターとして、 R/H と H/h の関係を示している。高橋らの算定式に狭窄率を導入することにより、波の打ち上げ高さを狭窄無しと同様に算定することができる。

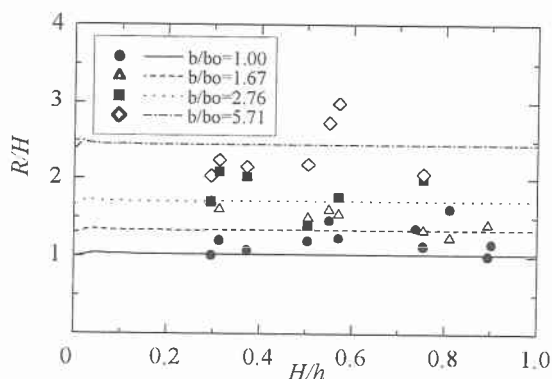


図-4 波の打ち上げ高さに及ぼす狭窄率の影響

4. 橋梁に働く波圧特性

(1) 測定方法

狭窄無しの直立岩礁 ($hr=1\text{cm}$, $\theta=90^\circ$) を対象として、岩礁近傍に架設された橋梁に働く波圧特性を検討した。図-5 に示すように箱型の橋梁模型 (縦 12cm、横 28cm) の前面に波圧計 3 個を取り付けて、波の実質部分や飛沫の作用により生じた水平波圧を測定した。橋梁は岩礁前面から 20cm 離れた位置において、静水面からの桁下高さ Z を 8、16 および 24cm の 3 種類に変化させた。波浪条件は $T=1.83\text{s}$, $H=18.0\text{cm}$ の 1 種類とし、同一の条件で 10 回測定を行って、橋梁前面に作用する波圧強度の平均値と標準偏差を求めた。

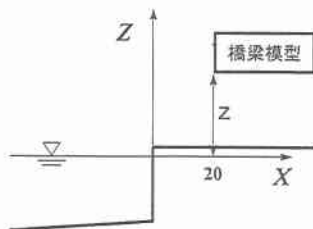


図-5 橋梁に作用する波圧計測法

(2) 桁下高さによる波圧の変化

図-6 は各桁下高さにおける発生波圧 p を水の単位体積重量 w_0 と入射波高 H により無次元表示してある。発生波圧の変動が大きく、標準偏差が非常に大きくなっている。前出の写真-1 に当該波浪条件による波面の状況を示しているが、直接波の実質部分が作用する $Z=8\text{cm}$ および 16cm では、平均値で $2\sim 4w_0 \cdot H$ の波圧が生じている。 $Z=24\text{cm}$ では飛沫は作用しているが波の実質部分が作用していないため、発生波圧の平均値は $1w_0 \cdot H$ 以下になっている。

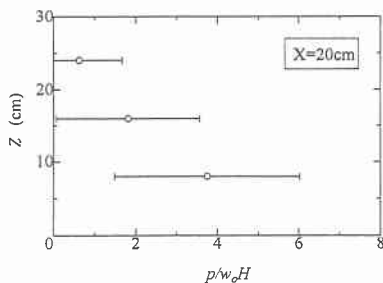


図-6 桁下高さによる波圧の変化

5. おわりに

本研究で得られた主要な結論は、以下のとおりである。

- (1) 波の打ち上げ高さに及ぼす断面形状や平面形状の影響を明らかにし、既往の算定法と比較した。
- (2) 汀線近傍に架設される橋梁に作用する波圧の平均値は、波の実質部分が作用する場合 $2 \sim 4 w_0H$ 、飛沫部分が作用する場合 $1w_0H$ 以下となる。

参考文献

- 高橋重雄・遠藤仁彦・室善一郎 (1992) : 混成防波堤上の越波水の運動と波力に関する実験的研究 ～親水性港湾構造物に関する水工的研究 (第1報)～, 港湾技術研究所報告, 第31巻第1号, pp. 7～27.
- 豊島 修・首藤伸夫・橋本 宏 (1964) : 海岸堤防への波のうちあげ高-海底勾配 1/30-, 第11回海岸工学講演会論文集, pp. 260～265.
- 豊島 修・首藤伸夫・橋本 宏 (1965) : 海岸堤防への波のうちあげ高-海底勾配 1/20-, 第12回海岸工学講演会論文集, pp. 180～185
- 富永正照・首藤伸夫・鶴木和夫 (1966) : V字状法線をした海岸堤防へのうちあげ高, 第13回海岸工学講演会論文集, pp. 210～215.