

海岸道路を対象とした越波および打ち込み波圧に関する水理模型実験

Hydraulic model test on wave overtopping for a coastal road

室蘭工業大学大学院 博士前期課程 学生員 ○今井浩平(Kouhei Imai)
 室蘭工業大学大学院 暮らし環境系領域 正 員 木村克俊(Katsutoshi Kimura)
 日本データサービス(株) 正 員 清水敏明(Toshiaki Shimizu)
 (独)土木研究所寒地土木研究所 正 員 上久保勝美(Kamikubo Katsumi)

1. まえがき

海岸道路では高波時において、護岸に衝突した波から水塊や飛沫が跳ね上がることがある。越波低減を目的として、護岸前面に消波ブロックを用いることは一般的であり、数多くの事例があるが、消波ブロックを乗り越えて車道まで越波の影響が及ぶことも少なくない。

護岸の直背後の自動車の安全性を確保するためには、50%安全度に対する許容越波流量 q を $2 \times 10^{-5} \text{m}^3/\text{m}/\text{s}$ 、90%安全度に対しては q を $1 \times 10^{-6} \text{m}^3/\text{m}/\text{s}$ とすることが福田ら¹⁾により提案されている。また合田²⁾は $1 \times 10^{-4} \text{m}^3/\text{m}/\text{s}$ を海岸道路の許容越波流量としている。しかしながら、実際の車両被害をもたらす道路への打ち込み波圧と越波流量の関係は明らかにされていない。

本研究では、写真-1に示すように現地で高波時に通行障害が発生している海岸道路を対象に水理模型実験を行い、越波状況を把握するとともに、越波による打ち込み波圧について検討を行う。



写真-1 現地における越波の状況

2. 実験方法

実験は不規則波造波水路(長さ 22.0m, 幅 0.8m, 深さ 2.0m)において、縮尺 1/15 の条件で行った。1/20 勾配の固定床海底面と、これに続く水平部を作成した。消波部には 1.9kg(現地換算 6.4 t)のブロックを使用し、法面勾配は 1:1 とした。実験模型の断面形状を図-1に示す。堤体設置位置での水深 h は 22.9cm(現地換算 3.43m)で一定とした。実験はすべて不規則波で行い、波高を 6 種類、周期を 2 種類に変化させて越波および波圧実験を行った。

越波実験では越波水塊についてビデオ解析を行うとともに、護岸模型の天端上に導水樋を設置し越波水を収集した。越波量にはばらつきが大きいことを考慮して、各条件に対して 3 回測定を行い、平均を求めた。

波圧実験では合計 4 個の波圧計を用い、1ch を護岸前

面の静水面に設置し、波圧データの波別解析のための基準とした。また、車両のフロントガラスの高さ(地面から 1.5m)における打ち込み波圧を求めるために護岸模型上に 3 個の波圧計(2~4ch)を設置した。

実験波は 1 波群を 150 波とし、波圧データのサンプリング周期を 0.002s とした。同一条件の実験を 10 回繰り返した。以下、実験結果は現地換算した物理量で表示する。

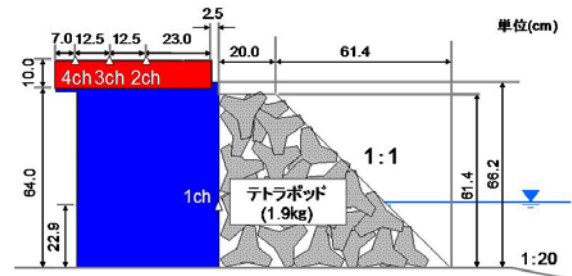


図-1 実験模型

3. 越波特性

3.1 越波水塊の飛散状況

写真-2に波高 $H_o' = 5.0\text{m}$ 、周期 $T_{1/3} = 11.0\text{s}$ での越波水塊の飛散状況を示す。消波ブロックの法面から越波水塊が打ち上がり護岸上へ飛散していく様子が見える。



写真-2 越波水塊の飛散状況

ビデオ解析により水塊の中心位置に着目して、1 波ごとに最高到達高さや落下地点を読み取り、初速度 V と打ち出し角度 β を求めた。さらに統計処理を行って 1/20 最大波を得た。図-2に、 $T_{1/3} = 11.0\text{s}$ 、 $H_o' = 2.0, 4.0$ および 5.0m における 1/20 最大波に相当する水塊の中心の軌跡を示す。定量的な評価は行っていないが、陸側まで飛ぶ水塊ほど質量が小さく、海側に落下した水塊ほど質量が大きい傾向が認められた。

図-3および図-4は $V_{1/20}$ および β の波高との関係を示している。 $V_{1/20}$ については波高とともにわずかに増加傾向が見られるが、 β はどの波高についてもほぼ

一定の値となった。また $V_{1/20}$ 、 β とも周期による違いは見られなかった。

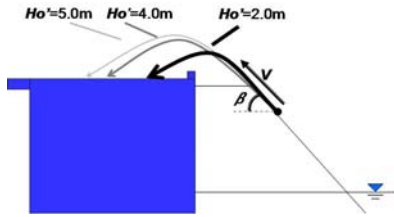


図-2 水塊の軌跡

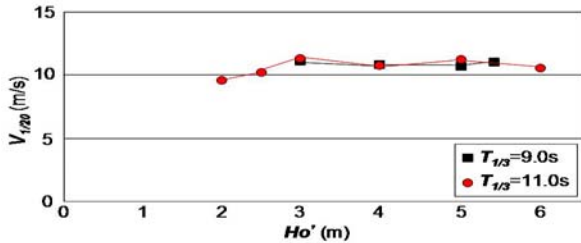


図-3 波高と初速度の関係

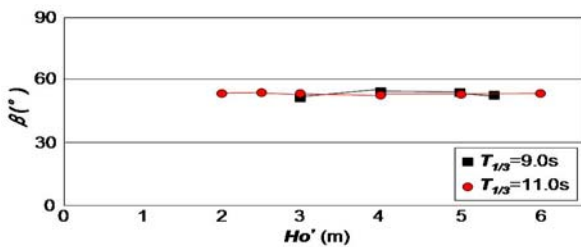


図-4 波高と打ち出し角度の関係

3.2 越波流量

図-5 は Ho' と越波流量 q の関係を示している。越波流量は $Ho' = 2.5m$ で許容越波流量とされている $1 \times 10^{-4} m^3/m/s$ を上回り、直背後の通行車両に危険を伴うことがわかった。 $T_{1/3} = 9.0s$ については $Ho' = 4.0m$ で最大となった後、頭打ちになっている。これは消波ブロックに衝突する前に砕波が進行することが原因と考えられる。一方、 $T_{1/3} = 11.0s$ では波高とともに越波流量も増加する結果となった。

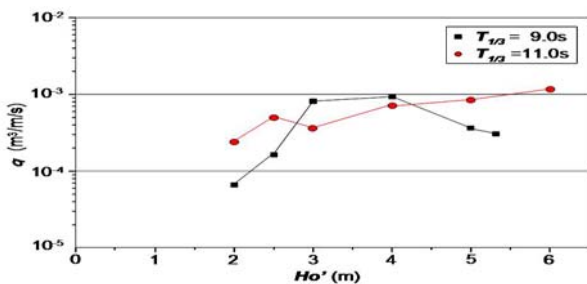


図-5 越波流量

4. 波圧特性

図-6 は越波流量が $1 \times 10^{-3} m^3/m/s$ 程度となる $Ho' = 5.0m$ 、 $T_{1/3} = 11.0s$ の条件に対して、合計 1500 波に対する 2ch の波圧 P の頻度分布を示している。一般車両のフロントガラスの耐力である $10 kN/m^2$ を上回る波圧の発生確率はおよそ 0.4% であることがわかった。

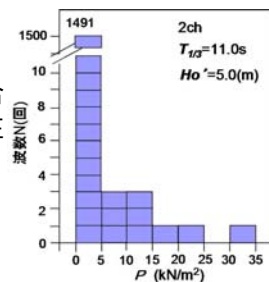


図-6 波圧の頻度分布

図-7 は $Ho' = 5.0m$ の条件での護岸からの距離 D と最大波圧 P_{max} の関係を示している。ここで P_{max} は 10 回の平均値とした。いずれの周期も海側車線での波圧が最大となった。これは質量が大きい水塊は海側車線近くに落下するためと考えられる。これより高波時に海側車線の通行を規制する対策に効果があることが示された。

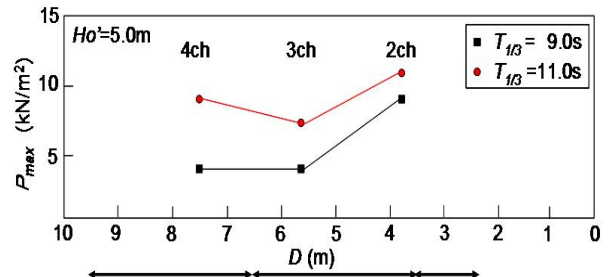


図-7 護岸からの距離と波圧の関係

図-8 は海側車線の位置に相当する 2ch における最大波圧 P_{max} と Ho' の関係を示している。越波流量の結果と同様に $T_{1/3} = 9.0s$ では頭打ちとなり、 $T_{1/3} = 11.0s$ でも波高の増大とともに波圧が増加する傾向が見られる。

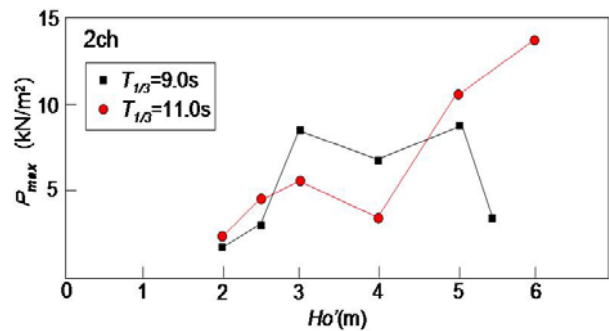


図-8 波高と波圧の関係

5. 結論

現地において高波時に通行障害が発生している海岸道路を対象として、以下の知見が得られた。

1/20 最大波について水塊の初速度 V と打ち出し角度 β を求め、波高による変化を明らかにした。

越波流量が $1 \times 10^{-3} m^3/m/s$ の場合には、車両被害の発生確率はおよそ 0.4% となった。

越波流量と打ち込み波圧に関しては $T_{1/3} = 9.0s$ では頭打ちに、 $T_{1/3} = 11.0s$ では波高の増大とともに増加する傾向を示した。

打ち込み波圧の平面分布を明らかにし、高波時の片側通行規制の効果を示した。

参考文献

- 1) 福田伸男・宇野俊泰・入江功：防波護岸の越波に関する現地観測(第2報)，第20回海岸工学講演会論文集，pp.113-118, 1973.
- 2) 合田良寛：港湾構造物の耐波設計(増補改訂版)，p.127, 2005.