

海岸道路における流木を伴う越波による車両被害とその対策に関する検討

Vehicle Damage by Wave Overtopping with Driftwood on Coastal Road and Countermeasures

室蘭工業大学大学院 博士前期課程 ○学生員 神田 魁斗 (Kaito Kannnda)
 室蘭工業大学大学院教授 もの創造系領域 フェロー 木村 克俊 (Katsutoshi Kimura)
 (一財) 北海道道路管理技術センター 正会員 名越 隆雄 (Takao Nakoshi)

1. はじめに

北海道の日本海に面した O 海岸では、高波時に流木を伴う越波が来襲し、背後の道路において通行障害が発生している。この道路に隣接する駐車場においては、流木が車両に衝突すると損傷の危険性がある。本研究では、越波によって打ち上げられた流木の車両への衝突力と対策工の効果について、水理模型実験により検討した。

2. 現地の状況

O 海岸では 2017 年 11 月 11 日に高波($H_{1/3} = 5.10$ m, $T_{1/3} = 10.4$ s)が来襲し、駐車場で冠水被害が発生した。

駐車場の前面の海岸における流木の漂着状況を 2017 年から 2019 年の 3 年間調査した。写真-1 に 2018 年の流木の状態を示す。図-1 に各年の流木の形状分布を示す。2017 年では、流木本数 $n = 35$ 本、長さ平均 $\bar{L} = 1.57$ m、直径平均 $\bar{\phi} = 0.14$ m。2018 年では、 $n = 52$ 本、 $\bar{L} = 1.73$ m、 $\bar{\phi} = 0.22$ m。2019 年では、 $n = 61$ 本、 $\bar{L} = 2.06$ m、 $\bar{\phi} = 0.20$ m であった。

3. 車両に働く流木の衝突力

3.1 実験方法

流木を伴った越波が車両に及ぼす衝突力を計測するため、図-2 に示す 2 次元水路(長さ 9.00 m、幅 0.60 m、高さ 0.40 m)を用いて水理模型実験を行った。以下、すべて現地量で示す。水路端部のゲートを急開することにより段波を発生させ、流木模型がロードセルに衝突した際に発生する水平波力を計測した。

流木衝突実験の縮尺は 1/2.5 とし、換算沖波波高は $H_0' = 4.5, 6.0, 9.0$ m とし、4 章の 2 次元造波水路で作用させる不規則波群中の各波高の最大波 1 波を再現した。



写真-1 流木の漂着状況

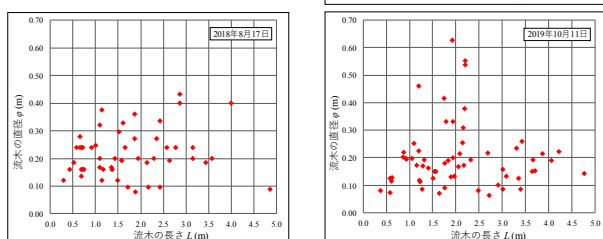


図-1 流木の形状分布

流木模型は長さ $L = 0.50$ m、直径は $\phi = 0.110, 0.120, 0.125$ m の 3 種類、比重は $d = 0.5$ とした。

3.2 流木の衝突力

図-3 は、波高 $H_0' = 9.0$ m の条件に対して、流木($L = 0.50$ m, $\phi = 0.120$ m)がない場合とある場合の波力 F を示している。前者では $F = 0.264$ kN、後者では $F = 0.509$ kN の波力が生じた。流木を加えることで波力が約 2 倍となった。ここで、波力分の力を差し引いたものを流木の衝突力 F' と定義する。

図-4 に流木の衝突力 F' と換算沖波波高 H_0' の関係を示す。流木の直径が大きくなるほど受圧面積が広がる。そのため、流木が波で加速され、大きな衝突力が生じたと考えられる。また、岩間らの耐デント性評価¹⁾より、車両に使われる外板パネルは載荷荷重 0.245 kN を上回るとへこみが生じることが示されている。例えば、 $\phi = 0.125$ m の流木は $H_0' = 5.0$ m から車両にへこみを生じさせる可能性がある。

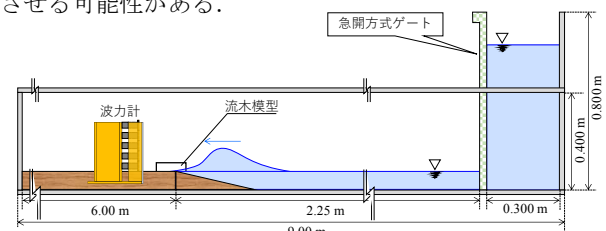


図-2 2次元水路

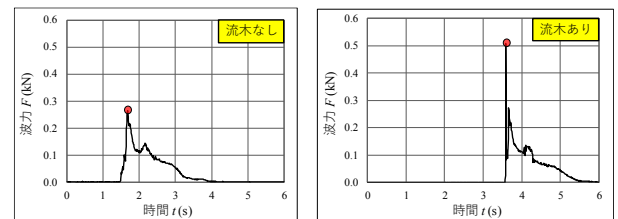


図-3 流木の衝突力

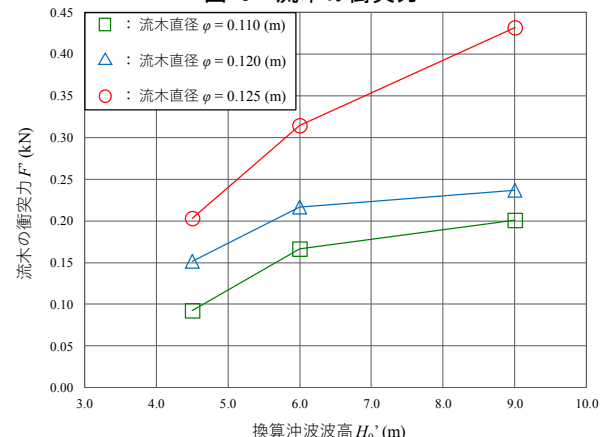


図-4 衝突力と沖波波高の関係

4. 流木の打ち上げ特性

4.1 実験方法

2次元造波水路(長さ 24.0 m, 高さ 1.00 m, 幅 0.60 m)内に勾配 1/30 の海底勾配を設置し, 図-5 に示す現地の護岸を縮尺 1/50 で再現した。以下, すべて現地量で示す。流木(長さ $L = 2.0$ m, 直径 $\phi = 0.30$ m, 比重 $d = 0.50$)を護岸前面に合計 50 本投下し, 計測終了までに護岸天端上に打ち上がった本数をカウントした。実験波の周期は $T_0 = 13.0$ s, 換算沖波波高は $H_0' = 1.0, 2.0, 3.0, 4.0, 4.5, 5.0, 6.0, 7.0, 7.5, 8.0, 9.0, 9.5, 10.0, 10.5, 11.0$ m の 15 種類に変化させた。護岸前面水深は H.H.W.L. の $h = +1.10$ m で一定とし, 150 波 1 波群の不規則波を用いた。

護岸の形状は図-6 に示すように消波工なしの場合と, 消波工 (8 t 型) を護岸に直付けした場合, 拡幅した場合, 護岸から沖側に離して設置した場合 (分離堤) の 4 パターンに変化させた。また, 分離堤において護岸の天端から消波工天端までの距離をポケット幅 l と定義し, $l = 2.0, 3.0, 4.0, 6.0$ m の 4 種類に変化させた。

4.2 流木の打ち上げパターン

消波工なしの場合, 流木は越流と共に護岸天端上, もしくは背後に打ち上げられる。消波工直付けと拡幅の場合, 消波工を超える波が来襲すると流木は消波工上に打ち上げられ一旦留まる。その後不規則波群中の最も大きな波が来襲すると, 流木は越流と共に連行され護岸上に打ち上げられる。

図-7 に示すように護岸と消波工の間にポケットを設けた場合, 流木は波と共に消波工を乗り越え, 一旦ポケット内に留まる。ポケット幅が狭い場合には, 流木が護岸際の打ち上がり易い場所に浮遊してしまう。これに対して十分なポケット幅を確保した場合には, 流木が消波工の近くに浮遊するため, 打ち上がりが生じにくくなると考えられる。

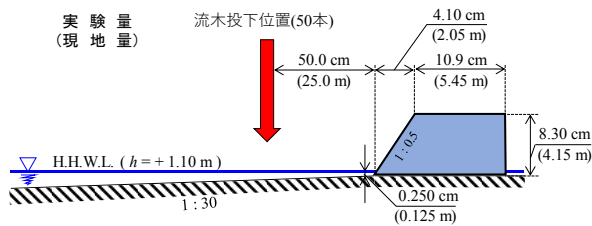


図-5 実験に用いた護岸模型

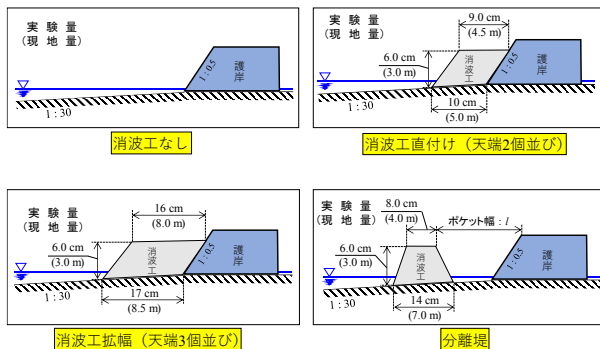


図-6 護岸の形状

4.3 流木打ち上げの低減効果

打ち上げられた流木の本数を投下した本数で除したものを, 流木の打ち上げ率 R と定義する。図-8 に換算沖波波高 H_0' と流木の打ち上げ率 R の関係を示す。ここで, $R = 5.0$ %を流木の打ち上げ発生とする。打ち上げ発生となる波高は, 消波工なしの場合 $H_0' = 4.5$ m となるのに対し, 消波工直付けの場合 $H_0' = 7.5$ m となり, さらに消波工を拡幅した場合 $H_0' = 10.5$ m となった。

ポケットがある場合では, ポケット幅 $l = 2.0$ m のとき $H_0' = 10.5$ m で流木の打ち上げが発生する。これに対し, $l = 3.0, 4.0$ および 6.0 m では実験での最大波高である $H_0' = 11.0$ m を作用させても $R = 5.0$ %に達していない。

以上の実験結果から, 消波工を直付けして設置するより, ポケットを設けることで流木の打ち上げを低減できることが明らかとなった。しかし, ポケット幅 $l = 2.0$ m の場合には, 4.2 で説明したように流木が打ち上がり易くなる。また, ポケット幅を広くとることや消波工を拡幅することは, 施工性やコスト面の欠点がある。以上のことから, 最適なポケット幅は $l = 3.0$ m であると考えられる。

5. まとめ

本研究の結論を要約すると以下ようになる。

- (1) 現地調査により, 現状の流木の漂着状況や流木の形状特性を示した。
- (2) 車両に働く流木の衝突力と換算沖波波高の関係を示した。また, 流木が波と共に連行されると波力が約 2 倍になることを明らかにした。
- (3) 分離堤による流木の打ち上げ低減効果について明らかにした。最適なポケット幅は $l = 3.0$ m である。

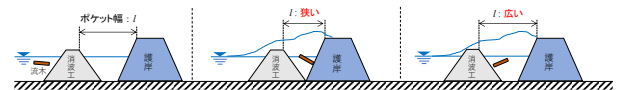


図-7 ポケット内での流木の状況

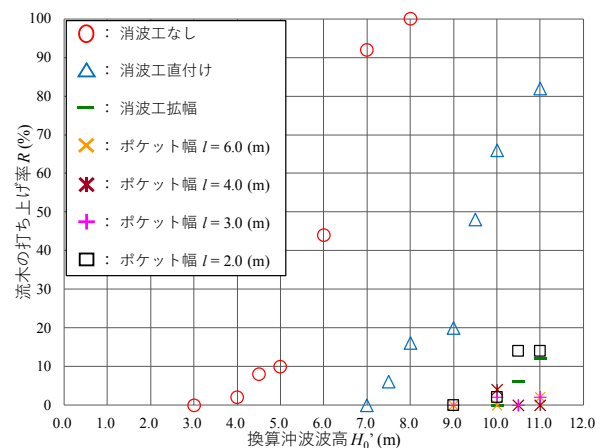


図-8 流木の打ち上げ率

参考文献

- (1) 岩間隆史, 山崎雄司, 占部俊明: 外板パネルの面ひずみ, 耐デント性におよぼす材料特性, 成形条件の影響, 自動車技術会論文集, Vol.45, No4, pp.745-750, 2014.