

緩傾斜護岸における高波による流木の打ち上げ特性について

Characteristics of driftwood run-up by high waves on a gently sloping seawall

室蘭工業大学大学院 〇学生員 横山雄司 (Yuji Yokoyama)
 室蘭工業大学大学院 教授 フェロー 木村克俊 (Katsutoshi Kimura)
 室蘭工業大学大学院 学生員 越智聖志 (Masashi Ochi)

1. はじめに

近年、台風や集中豪雨による出水時に大量の流木が海域に流出し、港湾や海岸において利用上の障害が発生している。また流木が海岸の道路や鉄道に打ち上がる事例も確認されている。河道内の流木の挙動については矢部ら¹⁾が、海域に流出した流木の挙動については目黒ら²⁾によってそれぞれ検討されている。海岸に漂着した流木の打ち上げについては平野ら^{3), 4)}が検討しているが、緩傾斜護岸を対象としている研究は少ない。

そこで本研究では写真-1に示す緩傾斜護岸背後の海岸道路を対象として、流木の実態調査を行うとともに、現地の護岸断面(図-1)を再現した水理模型実験により、緩傾斜護岸における流木の打ち上げ特性を明らかにすることを目的としている。

2. 現地調査

2.1 遡上波の計測

現地調査は、海岸線に沿って平行に設置された緩傾斜護岸約2kmを対象として、合計2回実施した。図-2に現地調査時の波浪および潮位データを示す。

1回目の調査は2013年9月28日12:00~14:00に実施した。観測時の潮位はL.W.L相当で、波浪条件は周期 $T=7.0s$ 、波高 $H_0=1.5m$ であった。調査区間内で波の遡上高さが最大となる地点において、写真-2に示すようにビデオカメラを設置して20分間連続撮影した。このときの最大遡上高さ $R_{max}=1.0m$ であった。遡上高さが最も大きい地点では、他の地点と比較して護岸上での砂の堆積量が少なく、前面の水深が大きいと思われる。

2回目の調査は2014年9月13日15:00~17:00に実施した。観測時の潮位はL.W.L相当で、周期 $T=9.0s$ 、波高 $H_0=1.5m$ の波浪条件に対して、最大遡上高さ $R_{max}=2.0m$ であった。

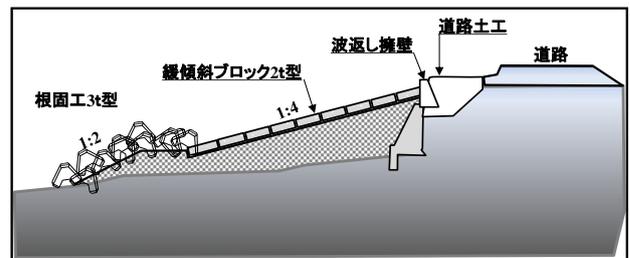


図-1 現地における緩傾斜護岸の断面形状



写真-1 現地における緩傾斜護岸の状況



写真-2 最大遡上高さの計測状況

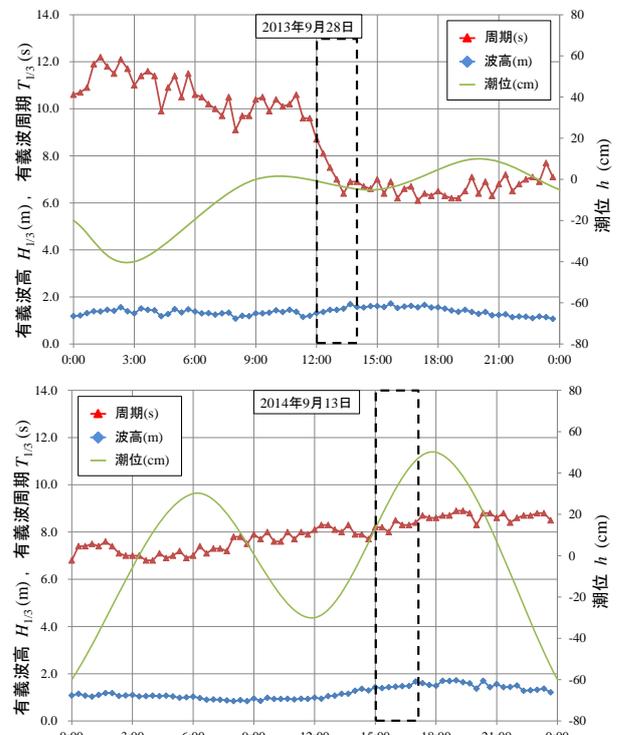


図-2 現地観測時の波浪データ

2.2 流木の実態調査

調査は写真-3 に示すようにメジャーを用いて、流木の長さおよび直径を計測した。図-3 に2回の現地調査で得られた流木の分布を示す。ここでは流木の長さを2m以下、2~5m、5m以上の3種類に分けて表した。図-4 に流木の長さとの関係を示す。

1回目の調査(2013年9月28日)では、長さが1mを超える流木の本数 N は75であった。流木は長さ2m、直径0.2m程度のもが多い。流木の多くは緩傾斜部の勾配変化点のやや海側に分布していることがわかる。

2回目の現地調査(2014年9月13日)では、 N は125で、1回目と比較して1.7倍であった。この原因として、現地調査の直前に大雨が降った影響により、流木が付近の河川から流出し、堆積したと考えられる。また、1回目には確認されていないような7m以上の長い流木が多く確認された。



写真-3 流木長さの計測状況

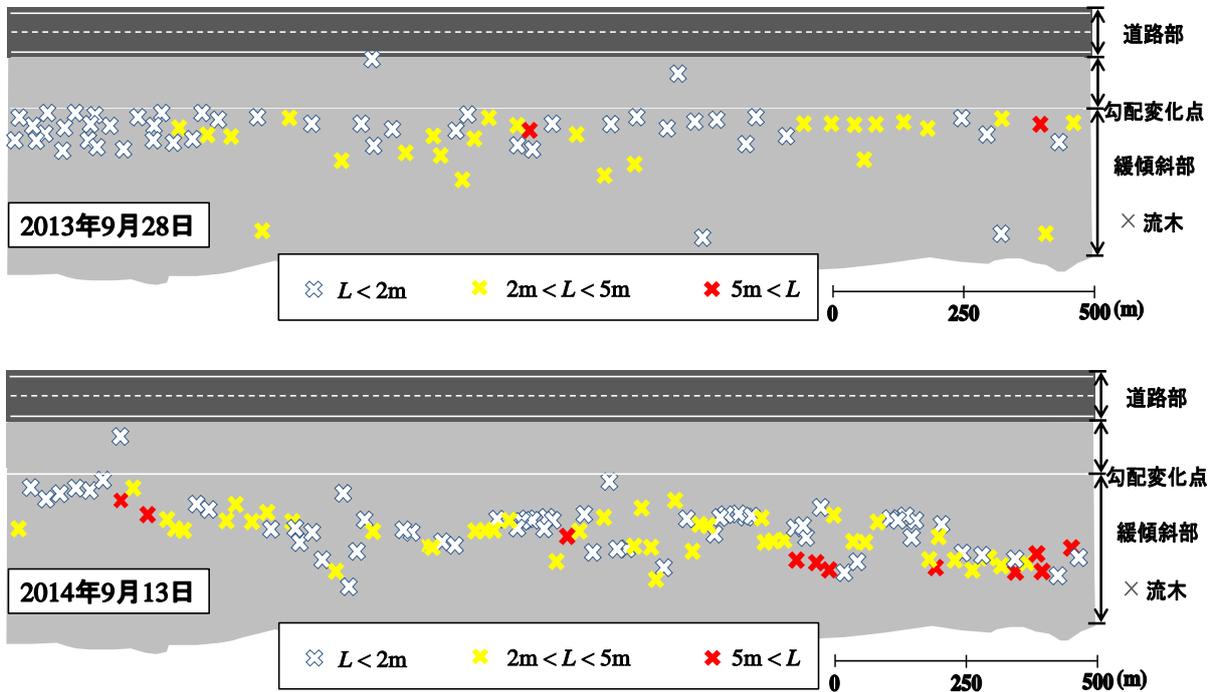


図-3 現地における緩傾斜護岸上の流木分布状況

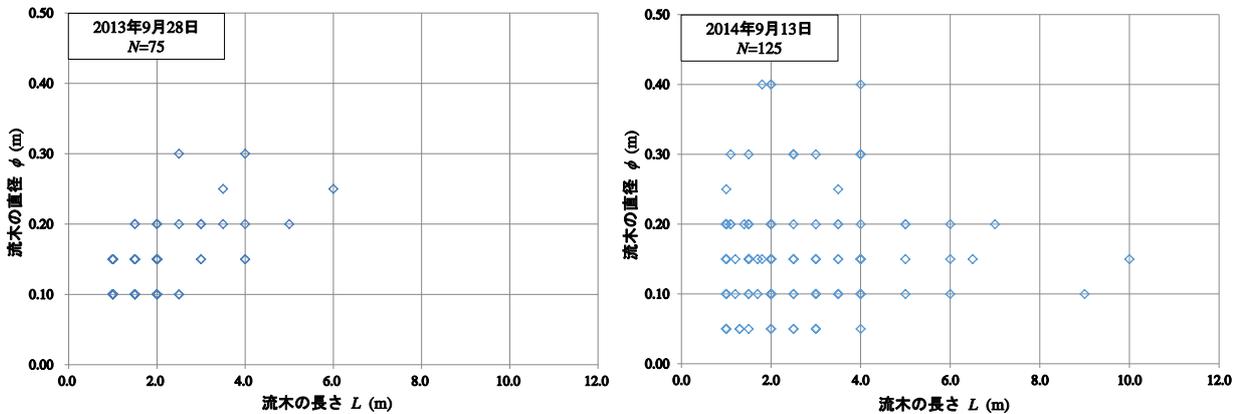


図-4 現地における流木の長さとの関係

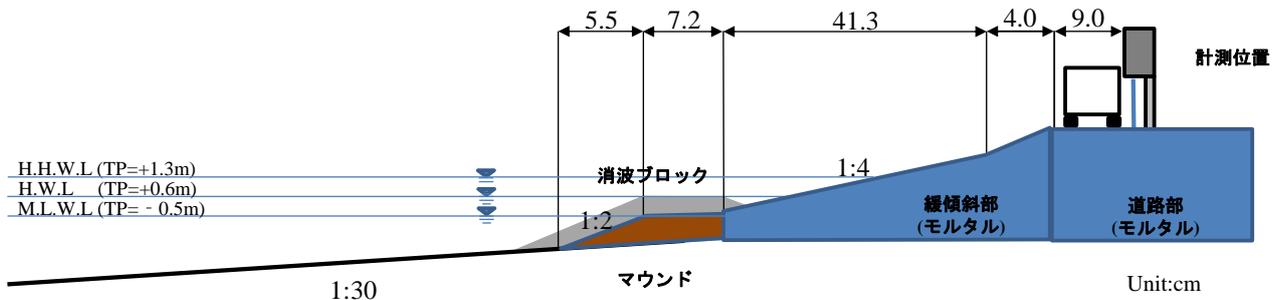


図-5 緩傾斜護岸模型の断面形状

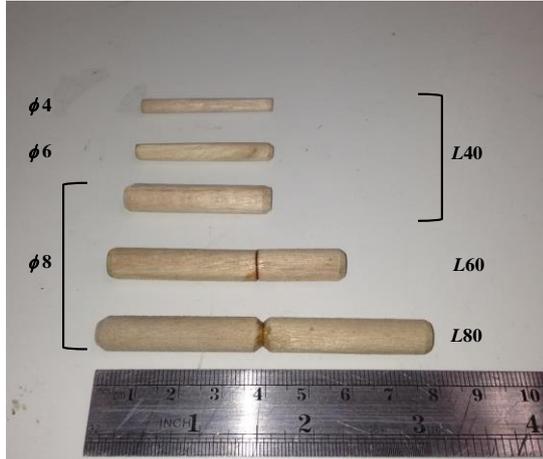


写真-4 実験に用いた流木の模型

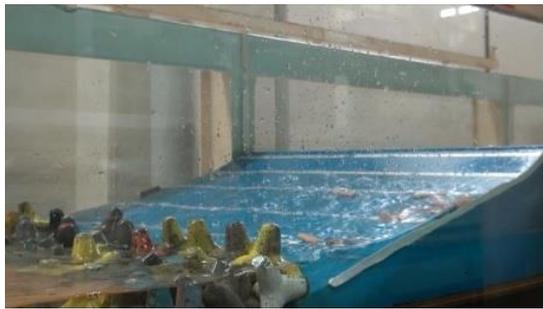


写真-5 流木打ち上げ実験の状況

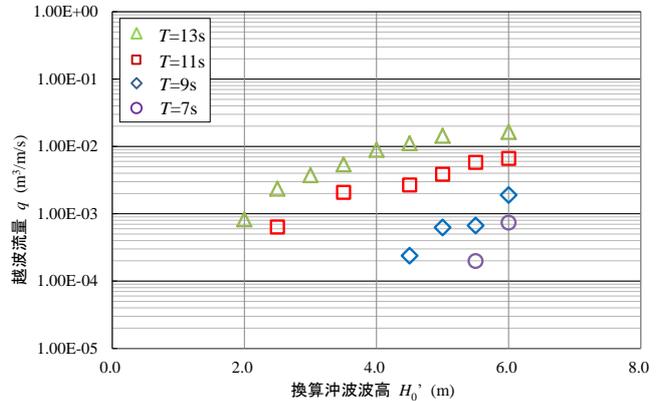


図-6 越波流量(H.W.L)

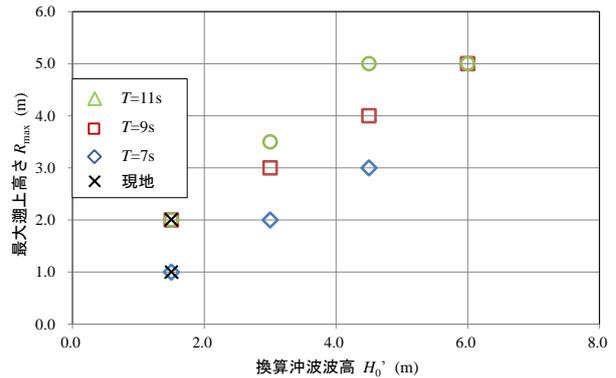


図-7 最大遡上高さ(L.W.L)

3. 実験の方法

実験は 2 次元造波水路(長さ 24.0m, 幅 0.6m, 深さ 1.0m)において縮尺 1/40 で実施した。水路内に図-5 に示す海底地形(勾配 1/30)を作成し、護岸模型および護岸前面の消波ブロック(3.2t 型)を設置し、現地護岸を再現した。

実験はすべて不規則波(1 波群 150 波)を用いた。以下、模型実験の諸元はすべて現地換算値で示す。護岸前面の水深 h は $TP=+0.6m(H.W.L)$ とし、周期は $T=7.0, 9.0, 11.0$ および $13.0s$ の 4 種類、波高 $H_0'=1.5, 2.0, 2.5, 3.0, 3.5, 4.0, 4.5, 5.0, 5.5$ および $6.0 m$ の 10 種類に変化させた。

流木の打ち上げ率を調べるため、写真-4 に示すように木材(比重 $d=0.5$)を用いた流木模型の長さ L を 1.6, 2.4 および $3.2m$ の 3 種類、太さ ϕ を 0.16, 0.24, 0.32, 0.40 および $0.48m$ の 5 種類に変化させた。さらにアクリルパイプの中詰め重量を変化させることにより、比重 d を 0.5, 0.7 および 0.9 の 3 種類に変化させた。

実験で用いる流木の本数は、現地調査で得られた流木の分布に基づいて 10 本とした。計測開始と同時に緩傾斜部上の勾配変化部に流木を投下し、計測終了までの間に道路部に打ち上げられた本数を計測した。実験結果は流木打ち上げ率 R として、計測時間中に打ち上げられた流木の本数を投下した本数で除し、パーセントで表した。なお同一条件に対する実験を 5 回繰り返す、その平均値を求めた。

4. 越波特性

筆者ら⁵⁾はこれまでに本実験と同様の条件に対して越波特性を把握している。図-6 は H.W.L における換算沖波波高と越波流量の関係を示しており、後述する流木の打ち上げ限界の評価に用いる。図-7 に L.W.L における換算沖波波高と最大遡上高さの関係を示す。周期 $T=7.0s$, 波高 $H_0'=1.5m$ で最大遡上高さ $R_{max}=1.0m$ となっており、1 回目の調査結果と一致している。また、 $T=9.0s$, $H_0'=1.5m$ では、最大遡上高さ $R_{max}=2.0m$ となっており、2 回目の調査結果と一致している。以上のことから、実験は現地を良好に再現していると考えられる。

5. 流木打ち上げ状況

5.1 流木の打ち上げパターン

写真-5 に実験における流木の打ち上げ状況を示す。不規則波群中の比較的大きな波によって、流木は一気に道路部上まで打ち上げられる。また小さい波によって勾配変化部付近まで遡上した後、直後の波で道路部上に打ち上げられる傾向がみられた。

5.2 周期の影響

図-8 に $L=1.6m$, $\phi=0.32m$, 比重 $d=0.5$ の流木に対して、換算沖波波高と流木の打ち上げ率の関係を示す。周期が長いほど流木の打ち上げが顕著となる。流木の打ち上げ率 10% に対応した波高は、 $T=7.0s$ では $H_0'=6.0m$, $T=9.0s$ では $H_0'=5.0m$, $T=11.0s$ では $H_0'=2.5m$, $T=13.0s$ では $H_0'=2.0m$ であるということがわかった。これらの波浪条件での越波流量は、いずれも $7.0 \times 10^4 (m^3/m/s)$ であった。

5.3 流木の形状および比重の影響

図-9 に直径を $\phi=0.32m$, 比重 $d=0.5$ で一定として、長さの異なる3種類の流木に対する打ち上げ率の変化を示す。長い流木ほど回転しやすくなり、波向き方向に対して流木が平行になるため、波力を受けにくくなることが明らかになった。

図-10 に長さを $L=1.6m$, 比重 $d=0.5$ で一定として、太さの異なる3種類の流木に対する打ち上げ率の変化を示す。また図-11 に、長さを $L=1.6m$, $\phi=0.32m$ で一定として、比重の異なる3種類の流木に対する打ち上げ率の変化を示す。流木が太くなる、または比重が大きくなるほど、打ち上げが生じにくくなる傾向が確認された。

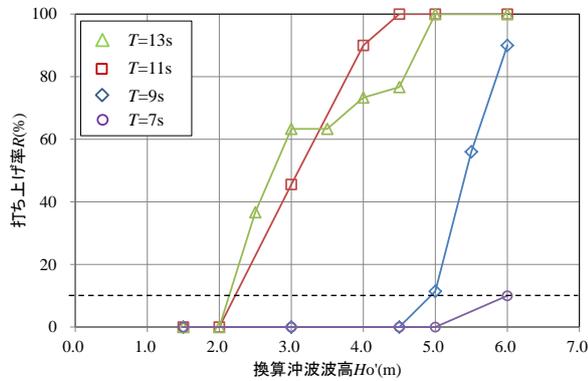


図-8 流木打ち上げ率(H.W.L)

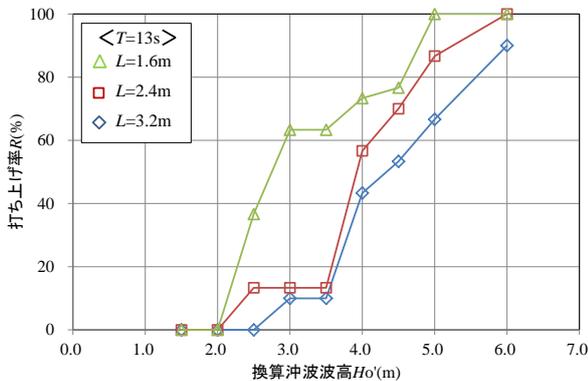


図-9 流木長さによる打ち上げ率の変化(H.W.L)

流木の太さと比重に関しては、いずれも喫水が大きくなるほど、流木と底面の摩擦が影響して流木の打ち上げ率が減少すると考えられる。

6. まとめ

本研究の結論を要約すると、以下のようになる。

- (1) 現地調査を行い、流木の本数、長さ、太さ、および分布状況を明らかにした。
- (2) 緩傾斜護岸における流木の打ち上げ特性には、喫水が影響していることを明らかにした。
- (3) 現地の護岸条件に対して、流木が打ち上がる限界の越波流量が $7.0 \times 10^4 (m^3/m/s)$ であることを示した。

参考文献

- 1) 矢部浩規・渡邊康玄：流木の堆積，捕捉調査と河道流況特性について，水工学論文集，第52巻，pp.661-666，2008。
- 2) 目黒邦夫・佐藤慎司・鯉淵幸生：海岸に漂着する流木群の挙動解析，海講論文集，第53巻，pp.1301-1305，2006。
- 3) 平野夕焼・木村克俊：海岸護岸における高波による流木の打ち上げの再現実験，北海道支部論文集，第68号，2012。
- 4) 平野夕焼・木村克俊・清水敏明・袖野宏樹：越波に連行された流木が海岸鉄道に及ぼす影響に関する検討，北海道支部論文集，第69号，2013。
- 5) 横山雄司・越智聖志・木村克俊：緩傾斜護岸における越波が背後の道路に及ぼす影響について，北海道支部論文集，第70号，2014。

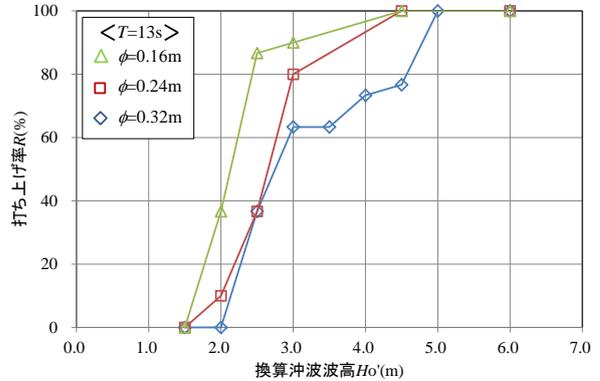


図-10 流木太さによる打ち上げ率の変化(H.W.L)

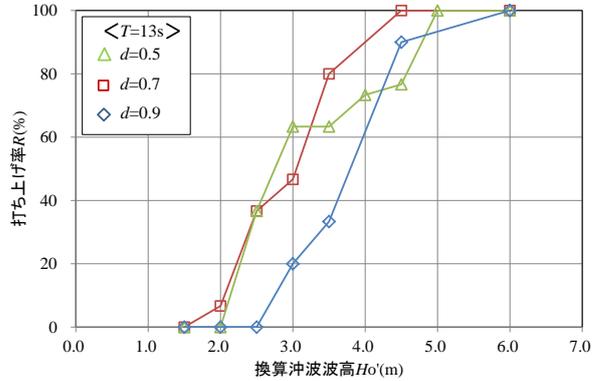


図-11 流木の比重による打ち上げ率の変化(H.W.L)