

簡易越波対策工の係留索に作用する張力に関する水理模型実験

九州大学 学生会員 ○柴田 雄也, 中谷 和博

九州大学 正 会 員 山城 賢

九州大学 児玉 充由

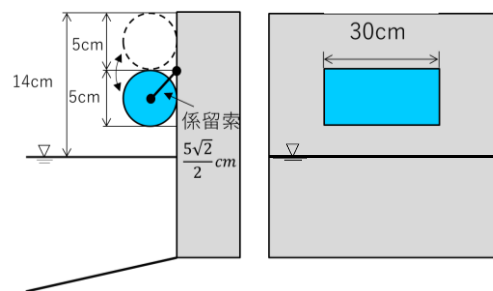
東亜建設工業(株) 正 会 員 武田 将英, 原 知聡

1. はじめに

地球温暖化による台風の強大化や海面上昇の影響により, 将来的に越波の発生頻度が高まり, 過去に越波が生じていなかった護岸においても越波が発生するようになると考えられる. このような越波被害の増大の対策としては, 護岸の嵩上げや消波工の設置などが考えられるが, 設置する空間や地形の制約, 社会情勢の変化に伴う国や自治体の財政悪化などにより, これらの対策工を新設するのは困難な場合も想定される. 以上の観点から, 中谷ら^{1), 2)}は, 既存の護岸に図-1に示すような円柱状のものを係留する低コストかつ簡易な越波対策工(以後, 簡易越波対策工と呼ぶ)を提案し, 水理模型実験により大きな越波低減効果が期待できることを示した. その一方で, 係留索に大きな張力が作用することも分かった. 将来的に本対策工を実用化するためには, 係留索に作用する張力を詳細に把握することは必須である. 本研究では, 簡易越波対策工の係留索に作用する張力について水理模型実験により検討した.



図-1 簡易越波対策工



2. 簡易越波対策工の概要

本対策工は, 図-1や図-2に示すような円柱状の物体を2本の係留索で既存の護岸に吊り下げるもので, 波に追従して上下に動く. この構造により, 運搬や施工, 交換, 維持管理が容易に行え, 陸側からの景観も妨げない点が利点である.

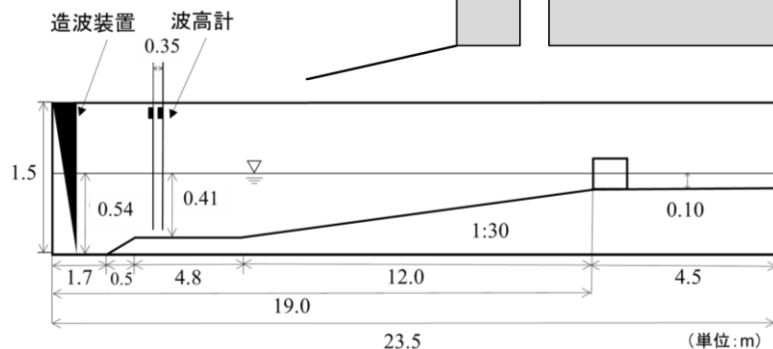


図-2 断面2次元造波水路と簡易越波対策工

3. 水理模型実験による張力の検討

3.1 実験条件

図-2に示す断面2次元造波水路(長さ23.5m×高さ1.5m×幅0.6m)に縮尺1/45の模型護岸を設置し, 発泡スチロール製の対策工(直径5cm, 長さ30cm, 重さ38.71g)を釣り糸(4号)により係留して, 護岸の内部に設置したひずみゲージにより係留索に作用する張力の測定を行った. サンプリング周波数は1000Hzとした. なお, 対策工の設置においては, 左右の係留索に加重が均等に掛かるよう事前に綿密な調整を行った. 入射波は表-1に示す3種の修正Bretschneider-光易型スペクトルを有する不規則波で, 入反射波分離推定法により入射波のスペクトルを推定して合わせ込みを行った. 造波時間は700秒間とし, 波のエネルギーが十分に伝達していると思われる造波開始60秒以後のデータを対象に検討を行った.

表-1 入射波条件

Case1	$H_{1/3}$	14.0cm
	$T_{1/3}$	1.58s
Case2	$H_{1/3}$	10.0cm
	$T_{1/3}$	1.33s
Case3	$H_{1/3}$	6.67cm
	$T_{1/3}$	1.09s

3.2 実験結果

図-3 に、張力の時系列の例として Case3 の結果を示す。横軸は造波開始後の経過時間で、このケースでの最大張力は、ch1（護岸に向かって右側の係留索）で 13.44N（現地換算 1224.7kN）、ch2 で 12.51N（現地換算 1140.0kN）であり、ほぼ同時に発生した。

ch1 と ch2 での張力の時系列に多少の違いがみられるが、これは水路内の波の三次元性によるものと考えられる。図-4 に最大張力が生じた時の様子を示す。最大張力は、対策工が波により持ち上げられ、可動範囲の上限に達したときに発生した。図-5 は、表-1 に示した各条件における最大張力と平均張力の関係である。なお、張力の解析

では、微小な振動を除くため 2.0N 以上の張力を対象とし、一波毎に張力の最大値を抽出した。平均張力はその平均値である。図より、最大張力、平均張力ともに有義波高に対して線形に増加しているが、平均張力の有義波高に対する増加率は非常に小さく、最大張力については有義波高が大きくなるにつれて急激に増大することがわかる。図-6 は、Case3 における一波毎の張力の確率密度分布である。ch1 と ch2 で概ね同様の分布形状であり、最頻値の階級が若干異なるものの、張力が大きい分布の裾の部分についてはよく一致している。図中には、レーリー分布および正規分布を示している。張力の確率密度分布は、波高の出現頻度を表すレーリー分布には当てはまらず、正規分布より張力が小さい側に歪んでいる。しかし、重要である大きな張力については正規分布とよく一致している。

4. おわりに

本研究では、新たに提案された簡易越波対策工の係留索に作用する張力の特性を把握する為、水理模型実験を行った。その結果、本実験の範囲においては、最大張力は対策工が波により持ち上げられ可動範囲の上限に達したときに作用し、その大きさは有義波高にほぼ比例して増加することがわかった。また、一波毎の張力の確率密度分布について、張力が大きい部分は正規分布とよく一致することがわかった。今後は、本対策工の実用化に向けてより詳細な検討を行い、設計等に必要な知見をさらに蓄積する必要がある。

【参考文献】

- 1) 中谷 和博, 山城 賢, 児玉 充由, 武田 将英, 倉原 義之介, 原 知聡, 西山 大和(2019): 新たな越波対策工の提案とその効果に関する基礎的研究, 土木学会論文集 B3 (海洋開発), Vol.75, No.2, pp.I_145-I_150.
- 2) 中谷 和博, 山城 賢, 児玉 充由, 武田 将英, 倉原 義之介, 原 知聡, 西山 大和(2019): 簡易越波対策工の係留索に作用する張力に関する基礎的研究, 令和元年度土木学会全国大会年次学術講演会概要集 CD-ROM

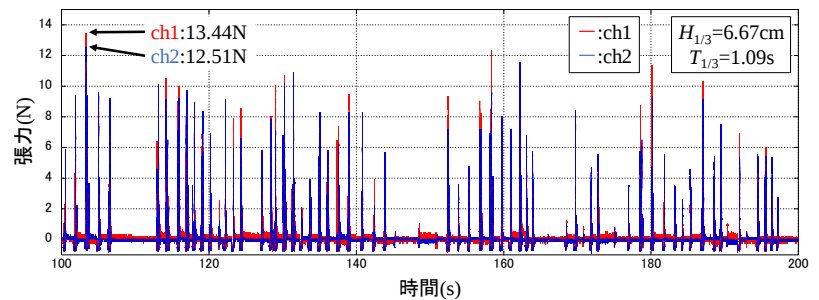


図-3 係留索張力の時系列

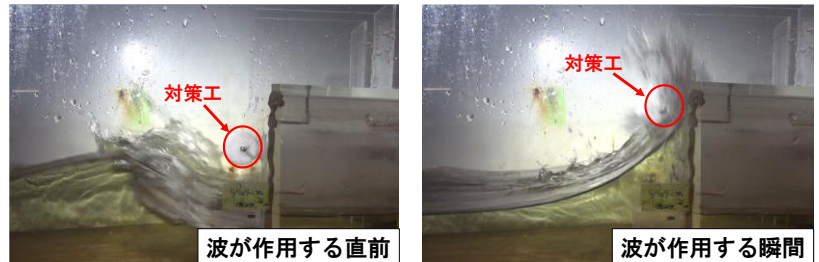


図-4 波が簡易越波対策工に作用する様子

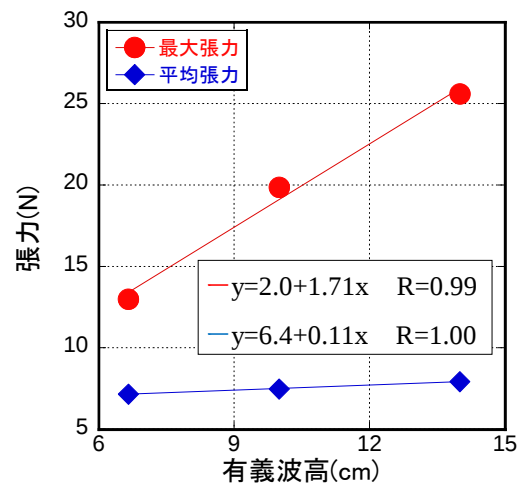


図-5 有義波高に対する最大張力と平均張力の変化

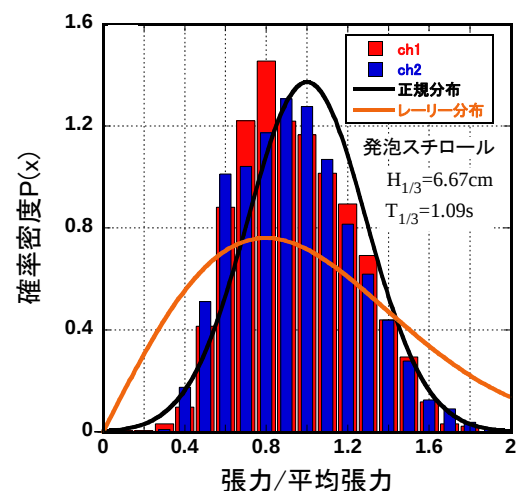


図-6 確率密度分布