

消波工嵩上げ時における消波ブロックのかみ合わせに関する定量的評価の試み

株式会社不動テトラ 正会員 ○久保田 真一
正会員 三井 順
フェロー 松本 朗

1. はじめに

近年、気候変動に伴う海象条件の変化が指摘されている。こうした状況の中、高潮や高波の大型化に対応するため、構造物の設計波の見直しが促されており、それに伴い、今後、防波堤などの外郭施設や護岸等における嵩上げ事業のさらなる増加が想定される場所である。消波工の嵩上げにおいては、すでに設置されている「既設ブロック」と既設ブロック上に新たに設置する「嵩上げブロック」のかみ合わせを十分に確保することで消波工の性能（耐波安定性等）を担保することに留意する必要がある。ブロックのかみ合わせは、既設ブロックと同種のブロックで嵩上げするのか、異種のブロックで嵩上げするのか、また既設ブロックと同様の質量のブロックで嵩上げするのか、あるいはより質量の大きなブロックで嵩上げするのか等、その条件によって状況が異なると考えられる。

そこで、本研究では、消波工嵩上げ時に想定されるブロックの組み合わせ（既設ブロックと嵩上げブロックの種別・質量）を整理し、それらの条件に基づき嵩上げを行った場合にブロックのかみ合わせの程度がどのように変化するかを検討することとした。かみ合わせの程度については、これまでにおいて、消波工からブロックを引抜く際に要する力（引抜き抵抗力）に基づく検討が行われている^{例）(1),(2)}。そこで、久保田ら¹⁾に則り、ブロックの引抜き抵抗力を用いてブロックのかみ合いに関する定量的な評価を試みた。

2. 消波ブロックのかみ合い評価手法

久保田ら¹⁾における、引抜き抵抗力を用いたブロックのかみ合いの評価手法を図-1に示す。まず、消波工表層における引抜き対象ブロックのかみ合わせの状態（周囲のブロックによる拘束の状態）を3つのパターン（かみ合わせパターン）に分類し、各々を他のブロックにより拘束されていない状態（パターンI）、側方のみを拘束されている状態（パターンII）、上方から拘束されている状

態（パターンIII）と定義する。各パターンに分類されたブロック個数より、各パターンのブロックが出現する確率 $p(i)$ （かみ合わせパターンの出現確率）が求められる。各パターンに分類されたブロックを消波工法面法線方向に引き抜き、その際に要する力を計測して、その最大値を引抜き力 $F(i)$ と定義し、かみ合わせパターンの出現確率 $p(i)$ と引抜き力 $F(i)$ より消波ブロックの引抜き力の期待値を算出する。これをブロックが有する引抜き抵抗力 F_R とした。なお、引抜き力 $F(i)$ と引抜き抵抗力 F_R は、結果の解釈を容易にするため、ブロック自重で除した無次元量 $F(i)/W, F_R/W$ として取り扱う。出現確率 $p(i)$ および引抜き力 $F(i)$ については、値を得るための計測を複数回繰り返し、その平均値を用いた。本実験では、各実験断面において20回の計測を繰り返した。

3. 消波ブロックの引抜き実験

既設ブロックおよび嵩上げブロックとして、これまでに施工実績が多いテトラポッドを対象とした。事前の事例調査より、嵩上げブロック質量 M' と既設ブロック質量 M の質量比 M'/M が概ね1.0から1.6の範囲となるように断面を2つ設定（A断面 $M'/M=1.0$, B断面 $M'/M=1.56$ ）した。表-1に実験ケースおよび消波工断面を示す。A断面については嵩上げ部の層厚を2種類（2層嵩上げ, 1層嵩上げ）、B断面については1種類（1層嵩上げ）設定した。あわせて断面全体を嵩上げブロックと同

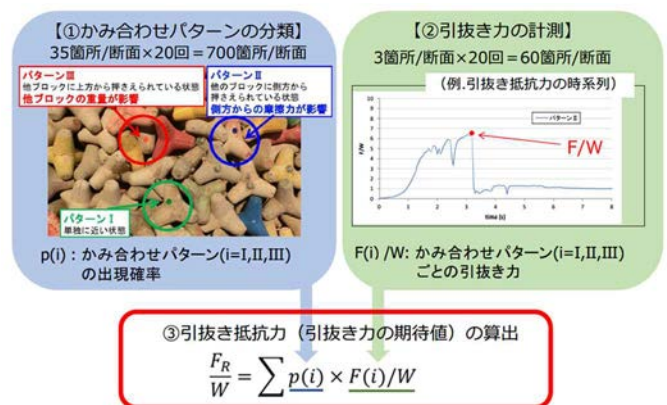


図-1 引抜き抵抗力によるかみ合い評価手法

キーワード 消波工嵩上げ, 消波ブロック, 引抜き力

連絡先 〒300-0006 茨城県土浦市東中貫町 2-7 (株)不動テトラ総合技術研究所 TEL:029-831-7411

表-1 実験ケースおよび消波工断面

実験ケース	A断面			B断面	
	全断面	2層嵩上げ	1層嵩上げ	全断面	1層嵩上げ
既設ブロック質量 M(g)	-	117.8	117.8	-	117.8
嵩上げブロック質量 M'(g)	117.8	117.8	117.8	184.3	184.3
質量比 M'/M	-	1	1	-	1.56
消波工断面					



図-2 引抜き実験装置

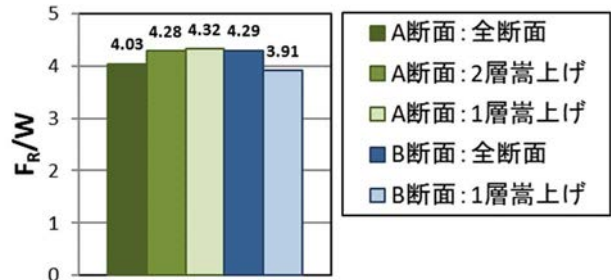


図-4 引抜き抵抗力

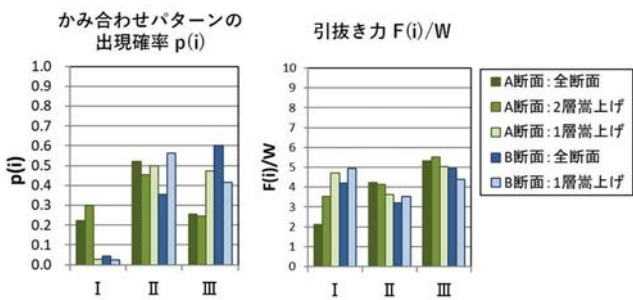


図-3 かみ合わせパターンの出現確率と引抜き力

一のブロックで構築した断面(全断面)も対象とした。なお、1層嵩上げのケースについては実施工を想定し、まず既設ブロックを用いた全断面を形成し、表層から嵩上げブロック1層厚に相当する範囲のブロックを除去した後に、嵩上げブロックを設置した。引抜き実験装置を図-2に示す。測定箱内に消波工断面を設置し、表層のブロックを消波工法面に対して法線方向に引抜き、その際に要する力をロードセルにて計測した。ロードセルと計測対象ブロックは、ワイヤで接続されており、波高計用の昇降機に取り付けたロードセルを引き上げることで、対象ブロックの引抜き力を計測することができる。

4. 消波ブロックの引抜き実験結果

図-3 にかみ合わせパターンの出現確率 $p(i)$ および引抜き力 $F(i)/W$ を示す。出現確率 $p(i)$ は、全ケースにおいてパターン I よりもパターン II, III の値が大きいことが分かる。引抜き力 $F(i)/W$ は、パターン I からパターン III にかけて概ね大きくなる傾向にある。この傾向は、

パターン I からパターン III にかけてかみ合わせの程度が大きくなることを反映した結果といえる。パターン I については、ややばらつきがみられるが、パターン II およびパターン III については、ケースによらず、ほぼ同様の値を有しているように見受けられる。図-4 にブロックの引抜き抵抗力 F_R/W を示す。全ケースにおいて、引抜き抵抗力の著しい変化は確認されず、概ね 4.0 程度の値(ブロック自重の 4 倍程度の値)を有していることが分かる。この結果より、本実験で想定した条件の範囲において、断面形状および層厚の違いが、ブロックのかみ合わせに与える顕著な影響は無いものと考えられる。

5. まとめ

ブロックが有する引抜き抵抗力の観点から、消波工嵩上げ時における既設ブロックと嵩上げブロックのかみ合いに関する定量的な評価を試みた。テトラポッド消波工の場合、想定した嵩上げブロックと既設ブロックの質量比の範囲 (M'/M が概ね 1.0 から 1.6 の範囲) において、嵩上げ層厚を 2 層とした場合および 1 層とした場合、両者のブロックのかみ合わせに大きな変化はなく、良好なかみ合わせを有しているものと考えられる。

参考文献

- 久保田真一, 松本朗, 半沢稔, 松岡道男(2003): 消波ブロックの引抜き抵抗力に及ぼす被覆層厚の影響に関する研究, 海岸工学論文集, 第50巻, pp.746-750.
- 三井順, 久保田真一, 松本朗(2021): 物理エンジンをを用いた消波ブロックの抵抗力評価手法の検討, 令和3年度土木学会全国大会第76回年次学術講演会, II-89.