

越流津波時の揚力による防潮堤法肩ブロックの引き剥がれ対策

農研機構 農村工学研究所 正 松島健一 毛利栄征 桐博英
技研興業株式会社 正 大井邦昭
株式会社竹中土木 正 平井学 大串和紀

1. はじめに

我が国における防潮堤は、高潮時の越波などに対して裏法面をコンクリートブロック等で保護する構造になっているが、津波が堤防を乗り越えることを想定して設計されていない。東北地方太平洋沖地震による巨大津波に対しては、津波が防潮堤を越流した際に強烈な揚力が発生し、ブロックが引き剥がれた可能性が指摘されている。このため、筆者らは、津波越流時における法肩ブロックの引き剥がれ現象を実験的に再現するとともに、引き剥がれを防止する対策方法について検討した。



図-1 揚力による法肩ブロックの引き剥がれ現象

2. 法肩ブロックの引き剥がれ現象

堤防天端上に高流速の越水が陸側の法肩を通過する際、越流水は法肩から剥離して外側に飛び出そうとするが、越流水と法面間に空気が供給されず、法面から剥離しない場合、法面に付着した流れとなる。このとき、越流水の遠心力によって揚力と呼ばれる力が法面に作用する。越流レベルが大きくなると、負圧が生じて法肩ブロックが法面外側へ引っ張られ、図-1のようにブロックが引き剥がされる。

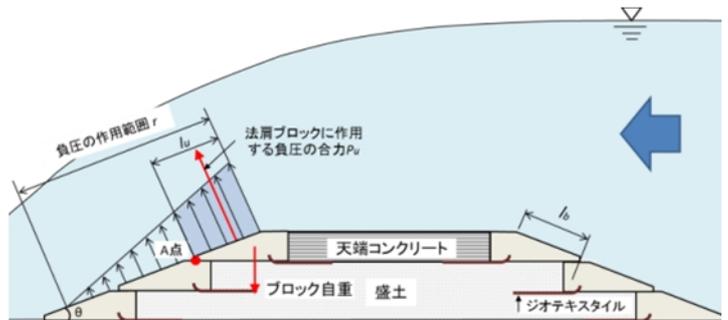


図-2 堤防越流時における法肩部への負圧の作用図

3. 負圧の推定式と計算モデル

(1) 負圧の大きさと作用範囲

揚力の大きさは、流速の2乗に比例し、越流水深に正比例する。したがって、定常的な越流条件を仮定すれば、図-2の法肩地点で発生する負圧や作用範囲を推定できる。国総研で実施された定常的な越流条件における法肩付近の負圧と作用範囲にフィッティングさせた推定線をそれぞれ図-3と図-4に示す。以下、ここで得られた推定線を用いて法肩ブロックの安定性を照査した。

(2) 計算モデル

従来式モデルに加えて、図-5に示すように法肩ブロックと天端コンクリートをジオテキスタイルで連結した新形式モデルについて検討した。連結部は曲げには抵抗しないヒンジ構造である。従来式モデルでは、図中のA点を起点としてブロックが単独で起き上がるが、新形式モデルはA点を起点としてブロックが起き上がる際、天端コンクリートも同時にB点を起点として持ち上がる。この場合、天端コンクリート底面に水圧が回り込まなければ、法肩ブロックの起き上がりに対して天端コンクリートの気中重量とその上の越流水の重量をカウンターウェイトとして見込むことができる。なお、天端面にも揚力が発生するので、天端面上の越流水の重量の20%がカウンターウェイトとして作用するものとして計算を行った。これらのモーメントの釣り合い条件から、法肩ブロックの引き剥がれに対する安全率 F_s を求めた。

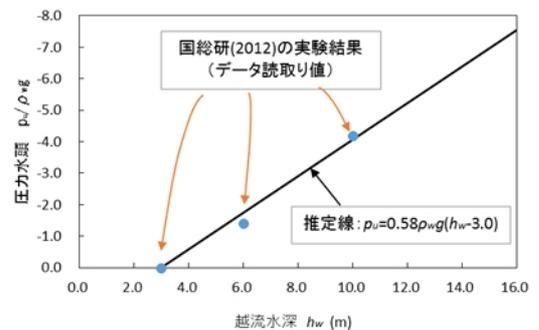


図-3 越流水深と負圧 pu の関係

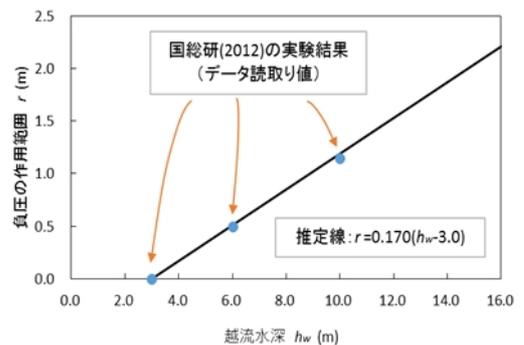


図-4 越流水深と負圧の作用範囲 r の関係

キーワード 防潮堤, 津波, 揚力

連絡先 〒305-8609 茨城県つくば市観音台 2-1-6 農研機構 農村工学研究所 TEL029-838-7575

4. 結果と考察

(1) 従来式モデル

2.0tonブロック(現地寸法1.52m×1.52m× 0.48m, 単位奥行き当たりの水中重量6.80kN/m)を用いた大井ら(2012)の越流実験と推定値の比較を図-6に示す. 推定値は, 実験結果にほぼ一致し, おおよそ5.7mの越流水深で引き剥がれるという結果が得られた.

(2) 新形式モデル

図-7 に計算結果から得られた越流水深と法肩ブロックの起き上がりに対する安全率の関係を示す. 連結構造を有する新形式モデルでは, 大きな越流水深でも, 安全率 1.0 以上を確保できる. これは, 越流水深に伴って負圧の大きさや作用範囲が大きくなるが, 同時に, 天端コンクリート上の越流水の重量が増加するので, 法肩ブロックの抵抗モーメント力を向上する. その結果, 安全率の低下割合が減少する. なお, 一般的なジオテキスタイルの引張強度は, 30.0~80.0kN/m の範囲であるが, 図中に示すように連結強度を 30.0kN/m とした場合でも, 十分に高い安全率が確保できることが分かる. また, 同モデルを用いた水理実験において法肩ブロックが引き剥がされないことが確認された.

5. 新形式モデルの実用性

上記の新形式モデルを実用化するため, ジオテキスタイルを埋め込んだプレキャストブロックを開発した. 図-8 に当該ブロックを使用した施工断面図を示す. ブロック背面のジオテキスタイルが敷設された面上にコンクリートが付着することで, 法肩ブロックと天端コンクリートが連結した構造を実現することができる. また, 図-9 に示すように法肩ブロックがコンクリート打設時の型枠の役割を果たすので, 簡便な施工が可能となっている.

6. 主な結論

堤防法肩付近に発生する負圧の大きさおよび作用範囲の推定式を提案し, 法肩ブロックの引き剥がれに対する安定性を検討した. その結果, 通常の被覆ブロックを用いた従来式モデルでは越流水深 5.7m 付近で引き剥がれる可能性があることが分かった. この結果は, 既往の実験結果とほぼ一致した. 一方, 天端コンクリートと法肩ブロックをジオテキスタイルで連結した新形式モデルでは, 天端上の越流水の重量によって抵抗モーメント力が得られるため, 計算上十分な安定性が確保できる. また, 実験においても引き剥がれが生じず, その有効性が確認された. さらに, 実用上においてもジオテキスタイルを埋め込んだプレキャストブロックを用いることで, 上記の連結構造を簡便に構築できることがわかった.

謝辞: 農林水産省の食料生産地域再生のための先端技術展開事業「減災・防災システムの開発・実証研究」及び農研機構の社会的要請等対応研究の補助を受けました.

参考文献 1)国土交通省国土技術政策総合研究所(2012): 粘り強く効果を発揮する海岸堤防の構造検討(第1報および第2報), 2)大井邦昭・林建次郎・河野茂樹(2012): 海岸越流に対する海岸堤防及び防波堤の強化に関する実験的研究, 土木学会論文集 B3 (海洋開発) 特集号, Vol.68, No.2, pp.196-1101.

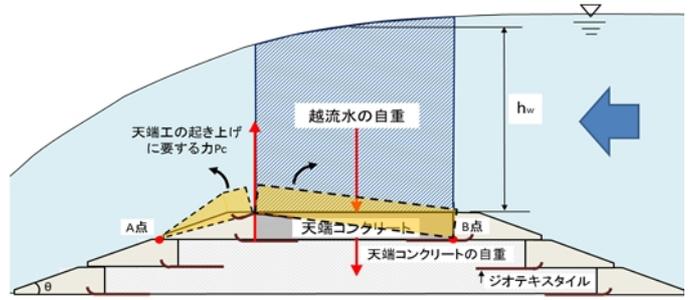


図-5 新形式モデル

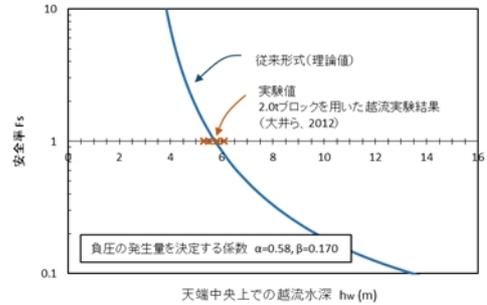


図-6 従来式モデルの 2.0ton ブロックの引き剥がれに対する安全率と越流水深の理論的關係と実験(大井ら, 2013)の比較

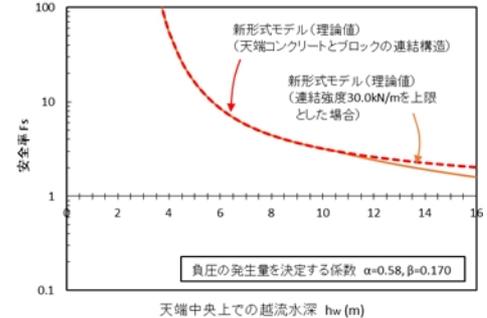


図-7 新形式モデルの引き剥がれに対する安全率と越流水深の理論的關係

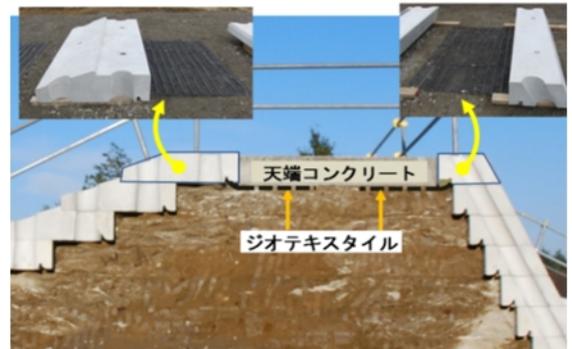


図-8 実大新形式防潮堤の法肩ブロックと天端コンクリートの連結構造



図-9 新形式モデルにおける天端コンクリートの打設状況