

# 大きな水深で堤防を乗り越える流れに対する GBVC 法の適用性

中央大学研究開発機構 正会員 ○竹村 吉晴

中央大学研究開発機構 フェロー 福岡 捷二

国土交通省国土技術総合研究所 海岸研究室 室長 正会員 諏訪 義雄

## 1. 目的

堰や床止め等の河川横断構造を越流する流れの解析には、圧力の非静水圧成分を考慮する必要がある<sup>1)</sup>。内田・福岡は、静水圧分布等の浅い流れの仮定をせずに水深積分の連続式と運動方程式を導き、これらを水深積分渦度方程式を中心とする方程式群と連立して解くことで、水深積分モデルの枠組みで圧力の非静水圧成分を考慮可能な解析モデル（一般底面流速解析法）を開発している<sup>2)</sup>。一般底面流速解析法は、三次元解析に比べて少ない計算負荷で圧力の非静水圧分布や三次元流速場を計算できることから、河川横断構造物の設計などへの応用が期待される。このためには、越流部形状等によって異なる構造物周辺の圧力分布や三次元的な流れ場が、一般底面流速解析法でどの程度再現出来るか検討し、解析法の適用範囲と課題を整理する必要がある。本研究では、国総研によって行われた津波の海岸堤防越流実験<sup>3)</sup>を対象に、越流部前面の緩やかな斜面を天端長に対し大きな越流水深で乗り越えていく場合の流れに対する一般底面流速解析法の適用性を検討する。

## 2. 検証実験および計算条件の概要

検証対象とした国総研による津波の海岸堤防越流実験の概要について述べる。実験は、図-1 に示すように現地スケールで6mの台形型堤防を想定し、法面勾配は堤防表法面、裏法面ともに1:2となっている。模型縮尺は1/25であり、図-1で定義する越流水深を1,2,3,6,10mとした定常流実験が行われ、水位および底面でのピエゾ水頭が縦断的に観測されている。一般底面流速解析法による構造物を越流する流れの適用性については、既に内田・福岡<sup>4)</sup>により検証されており、解析法の有効性が示されている。しかし、天端長に対し越流水深が比較的小さい場合を対象（越流水深/天端長<0.43）としていたため、越流水深がより大きくなり、裏法肩での圧力低下の影響が天端全体に強く表れるような場合の適用性については十分検討されていない。国総研による津波の海岸堤防越流実験では越流水深が6mを超えると（越流水深/天端長>2）、裏法肩での圧力低下の影響が表法肩まで及ぶことが確認されている<sup>3)</sup>ことから、本研究では越流水深6mの実験ケースを対象に検証計算を実施することとした。計算は現地スケールで行い、上流端に流量29.3m<sup>3</sup>/s、下流端に観測水深約2mを与えている。計算メッシュの幅は50cm（天端上に6メッシュ配置できる程度の大きさ）とした。粗度係数は全区間一様に0.014(s・m<sup>-1/3</sup>)を与えた。

## 3. 結果

図-2 は、一般底面流速解析法(GBVC)と平面二次元解析(2D)の解析水面形と実験水位の比較を示す。実験では、図-1で定義される越流水深は6mとなっている。それに対し、一般底面流速解析法の結果は5.86mと比較的実験値に近い値となるが、平面二次元解析の結果は6.63mと実験値に比べ越流水深が過大に評価されている。図-2の黒の実線は、静水圧分布を仮定した時の限界水深と河床高の和であり、平面二次元解析では天端上で限界水深となる

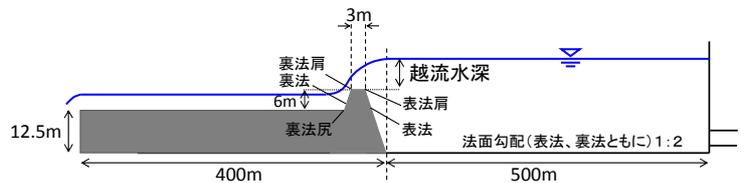


図-1 国総研の津波による海岸堤防越流実験の概要

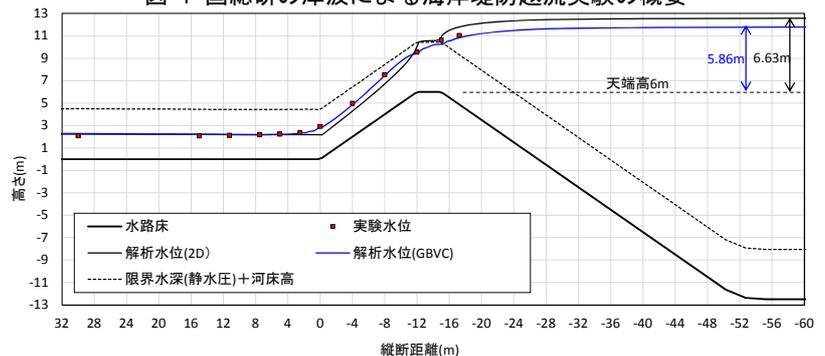


図-2 一般底面流速解析法(GBVC)と平面二次元解析(2D)、実験の水面形

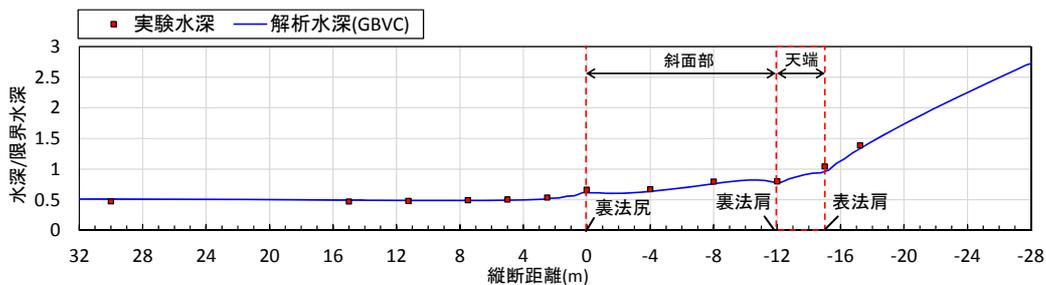


図-3 水深の一般底面流速解析法 (GBVC) による解析値と実験値の縦断分布

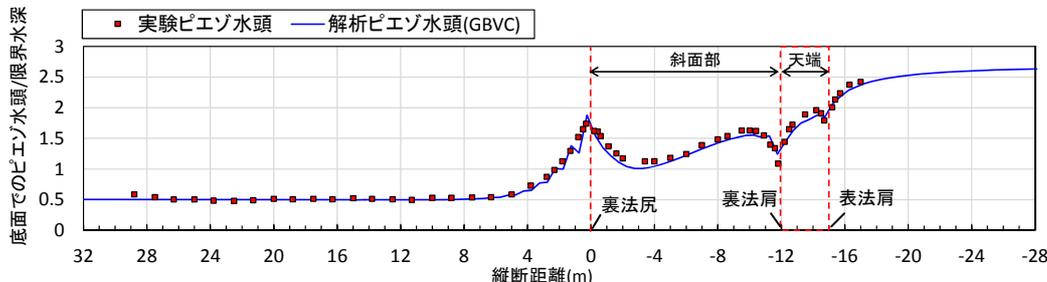


図-4 底面でのピエゾ水頭の一般底面流速解析法 (GBVC) による解析値と実験値の縦断分布

のに対し、実験結果および一般底面流速解析法ではそれよりも低い水深となる。また裏法面の斜面部では、反対に平面二次元解析の解析水位が実験水位および一般底面流速解析法による解析水位に比べ低くなっている。

図-3、図-4 は、実験と一般底面流速解析法での水深縦断分布と底面でのピエゾ水頭の縦断分布の比較を示す。ここで、底面でのピエゾ水頭は、河床高に水深と底面圧力の非静水圧成分の水頭換算値を加えたものであり、ピエゾ水頭が図-2 に示した水面形に比べ下に凸の性状を示す箇所では底面圧力が低下、ピエゾ水頭が水面形に比べ上に凸の性状を示す箇所では底面圧力が増大することを表す。図-4 を見るとプロットで示す実験の底面でのピエゾ水頭は、表法肩と裏法肩で低下し裏法尻で増大している。実線で示す一般底面流速解析法から計算された底面でのピエゾ水頭は、裏法肩でのピエゾ水頭の低下量が実験に比べやや小さくなっているが、実験のピエゾ水頭の大きさや縦断変化の特徴をほぼ説明できている。図-2 に示した平面二次元解析と一般底面流速解析法での解析水面形の違いは、表法肩と裏法肩での圧力低下と裏法尻での圧力上昇が主な原因として考えられる。また、図-3 に示す一般底面流速解析法による解析水深は、表法肩周辺で実験水深に比べ低くなる傾向にあるが、全体的に十分な再現性を示している。

#### 4. 結論と今後の課題

本研究では、越流部前面が比較的緩やかな斜面の場合には、天端長に対し越流水深が大きく（本研究では越流水深/天端長=2）圧力の非静水圧成分がより重要となるような場合でも一般底面流速解析法により水位縦断形や底面圧力の縦断分布について十分な精度で再現可能であることが分かった。今後は、越流部前面に鉛直壁面を有する場合等について検討し、一般底面流速解析法の適用性と課題について整理を進めていく予定である。

#### 参考文献

- 1) 福岡捷二, 福岡祐介: 円頂せき上の開水路急変流の力学, 土木学会論文報告集, 第 329 号, pp.81-91, 1983.
- 2) 内田龍彦, 福岡捷二: 浅水流の仮定を用いない水深積分モデルによる底面流速の解析法, 水工学論文集, 第 56 巻, I\_1225-1230, 2012.2.
- 3) 加藤 史訓, 諏訪 義雄, 鳩貝 聡, 藤田 光一: 津波の越流に対して粘り強く減災効果を発揮する海岸堤防の構造検討, 土木学会論文集 B2 (海岸), p.31-49, 2014.
- 4) 内田龍彦, 福岡捷二: 構造物を越流する流れの解析法の開発, 河川技術論文集, 第 18 巻, pp.351-356, 2012.6.

キーワード 堤防, 大きな越流水深, 数値解析, 非静水圧分布, 底面流速

連絡先 〒112-8551 東京都文京区春日 1-13-27 31214 号室