

高波に有効な透水性二重護岸の平常時の活用法に関する検討 Investigation on utilization method of permeable double seawall in normal conditions

○戸塚夏萌¹, 後藤浩², 長澤大次郎³

*Natsume Totsuka¹, Hiroshi Gotoh² and Daijiro Nagasawa³

Abstract : In recent years, global climate change has caused waves to increase and coastal disasters have become a growing concern. It has been shown that a permeable double revetment is effective against increasing waves. In this study, the use of permeable double seawalls, which are effective in emergencies with large high waves, is considered in normal conditions.

1. はじめに 近年, 世界規模の気候変動の影響から高潮・高波による被害の激甚化が予想される。従来, 行政は, 人命・資産を守るために海岸堤防の整備を行ってきたが, 気候変動の影響で越波・破堤が一層懸念されている^[1]。高潮に対する設計指針として海岸堤防の高さは, 設計高潮位と設計波, 余裕高を考慮した高さとなっている^[2]。気候変動の影響を受け堤防の嵩上げ等の改修が必要となっているものの, その一方で平常時の親水性を失うデメリットが発生すると考える。併せて, 四方を海に囲まれているわが国にとって海岸堤防の整備は重要であるものの施設自体にお金を捻出する仕組みがなく, 施設の更新に困難が生じていることも課題であると考え。

本研究では, 従来, 堤防高を抑え許容越波量の低減のための有力な構造物として開発された透水性二重護岸^{[3]~[5]}に着目した。この護岸の特徴を生かし, 非常時には高波を防ぐことができることを2次元数値波動水槽 CADMAS-SURF-2D を用いて再検証し, 防災施設および平常時の親水性以外で活用できる地域還元施設となりうる可能性があることを提示した。

2. 透水性二重護岸 透水性二重護岸とは, **Figure.1(a)**に示すように前面に低天端のパラペットを有する二重の護岸で, その間の水たたき部の一部を透水性としたものである。透水性二重護岸は **Figure.1(b)**に示す同等性能の消波ブロック被覆護岸と比較すると海岸へのアクセスの容易さによる親水性や低堤防高による眺望の確保(景観)という点で優れている^[5]。

3. 研究方法 本研究では, CADMAS-SURF-2D による数値解析を基に護岸の構造の諸条件を変更し越波流量への影響を計算した。その結果から得られた活用可能範囲を考慮した平常時の活用方法を提案した。

(1)CADMAS-SURF による数値解析 CADMAS-SURF-2D は, 連続の式と Navier-Stokes 運動方程式をもとに VOF (Volume of Fluid) 法と呼ばれる自由表面の処理法に基づく2次元数値波動水槽である^[6]。本スキームは, 実務でも多用されて実績がある。本研究では CADMAS-SURF-2D (Ver.5.1) を用いて透水性二重護岸の複数の構造条件下での越波流量を計算した。研究対象地としては, **Figure.2**に示す千葉県千葉市, 習志野市の幕張海岸付近をモデル地区とした。この地域は, 東京湾の風の主方向 S29° W からの影響を最も受ける地域でもある^[7]。従来の計算で用いた値を参考にして, 計算設定条件(海底条件, 波浪条件)を定めた^{[3]~[5]}。各種条件を **Table.1**に示す。**Figure.3**は護岸の断面を簡易的に表現したものであり, パラペット幅 B , 水たたき幅 b_1+b_2 , 透水幅 b_2 とし, 開口率を $X=b_2/b_1$ で定義した。また, 解析領域図を **Figure.4**に示す。

(2)平常時の活用方法の提案 モデル地区とした海岸周辺について現状把握を行い, (1)による解析結果と地域特性を考慮した平常時の活用方法の可能性について検討した。また, **Figure.3**で示した水たたき部 b_1 と透水部 b_2 を平常時活用可能なエリアとして, 透水部分は目の細かいグレーチングや透水性ブロックなどで整備するものとして活用可能な手段を提示する。

3. 研究結果 数値解析結果をもとに越波流量の計算結果と, 平常時の活用方法の提案について以下の説明を行う。

(1)CADMAS-SURF による解析結果 与えられた開口率 X に対して, 水たたき部 b_1+b_2 の長さを変化させた場合の越波流量の計算結果を **Figure.5**に示す。**Figure.5**に示されるように, 水たたき部の長さが長くなるほど越波流量が減少するが, 4.5mを超えたあたりから越波流量の減少量の変化が小さくな

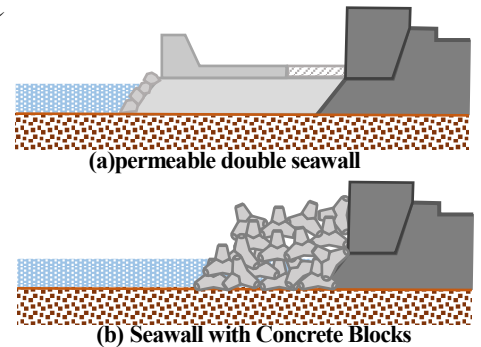


Figure.1 Explanatory sketch on permeable double seawall and Seawall with Concrete Blocks



Figure.2 Study Area^[8]

Table.1 Conditions on Numerical Calculation

沖波波高 H_b	3.3m
沖波周期 T_0	7.2s
解析項目	越波量
解析時間	375秒 ※計算では, 波が安定するまでの最初の50秒をカットし50~372秒の322秒計算した(波数は200)を使用
解析回数	1回(不規則波1種)
海底勾配	岸側 1/75, 沖側 1/20 (漁礁あり)
格子間隔	岸沖方向: 4cm~1cm 鉛直方向: 4cm~0.75cm
時間間隔	Auto(下限値 10°)
透水部(ポラスセル)の諸元	空隙率: 0.4(潜堤沖側), 0.5(潜堤岸側, 護岸透水部), 抗力係数 CD=0.9, 質量力係数=1.5

※その他諸元については, 参考文献[6]に記載の同様の事例を参考にして決定した。

ることがわかる。なお、港湾の施設の技術上の基準・同解説^[9]を参照してみると、モデルエリアにおける許容越波流量は0.02 (m³/m・s) 程度である。すなわち、水たたき幅は1.5m以上は必要であることが理解される。また、Figure.5のように、 $X=0.2\sim 1.0$ で、水たたき部の長さが4.5mより大きい場合、越波流量に大きな差異は認められなかった。このことから、透水部の開口率が一番小さい $X=0.2$ とし、そこをグレーチングや透水性ブロックで覆えば、平常時の活用が容易になることが分かった。

(2) 平常時の活用法の提案 モデル地区としたエリアの周辺は、大規模商業施設やスポーツ施設等で賑わい、2023年3月18日には新駅(幕張豊砂駅)が開業^[10]し、今後さらなる発展が期待されている。一方、千葉県は、将来の気候変動を考慮した東京湾沿岸海岸保全基本計画の改定を進めている。改定では、モデル地区の海岸は、防護高等が見直され、今後防護施設の改修が必要になる^[11]。海岸保全施設の改修・維持管理費用確保が厳しくなる状況下で、その解決策の一つとして、施設自体から収益を得る活用法を検討した。以下に平常時の活用法を示す。

活用法 1: 駐車場 モデル地区周辺には巨大商業施設とともに新駅が開業されたことにより駐車場の需要があると想定される。そこで、護岸に駐車場としての機能を付加することは有効であると考えた。並列駐車として今回の施設を活用した場合パラペット間隔が長すぎてしまい整備費用が大きくなることが予想される。そのため、縦列駐車で駐車場活用するものとして検討を行った。簡易な計算であるが、海岸線1kmに透水性二重護岸を整備した場合、140台程度駐車することが可能である。コイン式駐車場の売り上げ^[12]を参考にすれば、満車の状態が続く理想の状態であるが、1か月当たり約300万円程度の利益が得られると推算できた。

活用法 2: アクティビティ施設 まちなかでは、スケートボード禁止エリアでの活用や釣り禁止エリアへの不法侵入など管理が困難となっているアクティビティが複数存在していると考えられる。これらは近年の需要に対して十分な施設が整備されていないことも問題が発生していることの要因である。そこで、護岸をスケートボードパークや釣り場として活用することを提案する。モデル地区としたエリアの後背地には商業施設等は存在するが、住宅は離れているため騒音などの問題も発生しにくい。地域貢献施設になると考える。運営に当たっては、キッチンカーなど臨時的飲食店等物販施設と駐車場の併設も有効と考える。

活用法 3: イベント会場 (例として花火大会の有料観覧席) モデル地区とした付近では海上を活用した花火大会が毎年、開催されている。近年花火大会は物価の高騰や混雑緩和の影響もあり有料観覧席が設けられるケースが多くあり、モデル地区で行われている花火大会も近隣に有料観覧席が設けられている。そこで、護岸を花火の有料観覧席として活用することを提案する。例えば、売り出す席の1区画面積を6m²と、1区画当たり5000円として整備した場合、水たたき部は5mとすると海岸線に沿って10mあたり40,000円程度の収益が期待される。平常時の利活用が困難でも、一時的にイベント会場としての活用することは取組の前身として比較的行いやすいと考える。

4.まとめ 近年、気候変動に伴う高潮、高波の被害からまちを守るため護岸の嵩上げ等による強化が求められている。しかし、護岸の改修は公共費用の問題や、親水性の阻害、景観の悪化などが懸念される。そこで、本研究では、透水性二重護岸の最適な開口率と平常時活用の提案を行った。今回の解析条件で、4.5m以上の水たたき部を整備する場合は開口率0.2で半分を透水性とする場合と性能に差は認められなかった。開口率が小さいほど、グレーチングや透水性ブロックで覆うことで通常時の活用が容易になることを考察した。平常時活用としては、駐車場やアクティビティ施設として活用することで料金を徴収し、改修・維持管理費用を捻出できる可能性を示した。

参考文献 [1]国土交通省: 沿岸部(海岸)における気候変動の影響及び適応の方向性(案), <https://www.mlit.go.jp/> (2024/9/20 閲覧), [2]国土交通省: 海岸保全に関する取組の現状, <https://www.mlit.go.jp/> (2024/9/20 閲覧), [3]長澤大次郎, 岸良安治, 高山知司, 梅沢康浩, 久米英輝: 透水性二重護岸の越波特性の検討, 土木学会論文集 B2 (海岸工学), Vol.67, No.2, I_691-I_695, 2011, [4]長澤大次郎, 岸良安治, 高山知司, 久保田進: 越波特性を考慮した透水性二重護岸の最適断面選定法, 土木学会論文集 B2 (海岸工学), Vol.69, No.2, I_776-I_780, 2013, [5]長澤大次郎, 高山知司, 久保田進: 透水性二重護岸による護岸改良の各種海岸への適用法, 土木学会論文集 B2 (海岸工学), Vol.71, No.2, I_1141-I_1146, 2015, [6] (財) 沿岸開発研究センター: 数値波動水路の研究開発, 沿岸開発技術ライブラリー, No.12, 2001, [7] (財) 気象業務支援センター: 潮位表, 2007, [8]国土地理院: 地理院地図 Vector, <https://www.gsi.go.jp/top.html> (2024/9/20 閲覧), [9] (公社) 日本港湾協会: 港湾の施設の技術上の基準・同解説, 2018, [10]JR 東日本: JR 東日本グループニュース, <https://www.jreast.co.jp/>, (2024/9/20 閲覧), [11]千葉県: 第3回東京湾沿岸海岸保全基本計画(内湾・内房)に関する検討会の開催結果について, <https://www.pref.chiba.lg.jp/index.html> (2024/9/20 閲覧), [12]国土交通省: 一般社団法人日本パークキングビジネス協会, <https://www.mlit.go.jp/> (2024/9/20 閲覧)

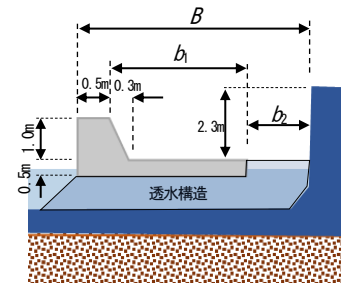


Figure.3 Definition Sketch on Permeable Double Seawall

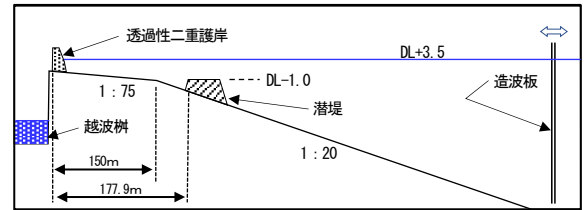


Figure.4 Description of Analysis Area

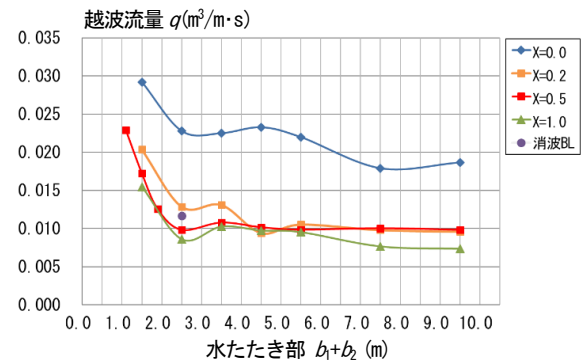


Figure.5 Relationship between apron width and overtopping discharge