

21. モーゼブロックによる伝達波高・平均水位の低減効果に関する実験的研究

原田 恵

1. 目的

最近、大規模な幅広潜堤背後の砂浜の保全が困難になっている事例が増えている。例えば、新潟西海岸では幅広潜堤の通過波が堤内側の水位を上昇させ、これが幅広潜堤の開口部（法線が切れた開口部や潜堤端部の開口部）から、相対的に水位の低い堤外に流出する流れを生じるため、堤内側の砂が堤外に持ち去られ砂浜の維持が困難になるという状況が生じている。景観に配慮して常に水面下にあるという潜堤本来の機能を損なうことなく、既設の潜堤に生じているこの問題を如何に解決するかは緊急かつ悩ましい問題である。

本研究は、幅広潜堤の天端上に新たに考案した特殊異型ブロックを設置することで、水位上昇を抑えかつ波高低減効果を高めて砂の流出を最小限に抑え得る新たな工法を提案し、その有効性について実験により基礎的な検討をおこなったものである。

2. 内容

2.1 新型特殊異型ブロック「モーゼブロック」

本研究で提案する新型ブロックは、**図-1** に示すような平面形状が正三角形のブロックである。ブロックの1辺を潜堤の延長方向に平行に一定の間隔で並べて設置し、三角形の頂点に位置する脚柱の高さを調節することで、大なり小なり不陸が生じている既設潜堤上に安定して設置が可能な形状として考案したものである。

モーゼブロックの水理学的な効果としては次の2つが期待される。1つは、ブロックによる嵩上げによって波高低減効果が高まる効果であり、もう1つは、正三角形の形状により波の岸向位相と冲向位相とで抵抗に差が生じて冲向きの平均流が発生し、潜堤岸側の水位上昇を緩和する効果である。これらの効果により、開口部からの冲向き流れを抑え暴浪時においても潜堤背後に比較的静穏な海域を確保することを期待し、モーゼ効果と呼ばれる現象に因んで本新型ブロックを「モーゼブロック」と命名した。

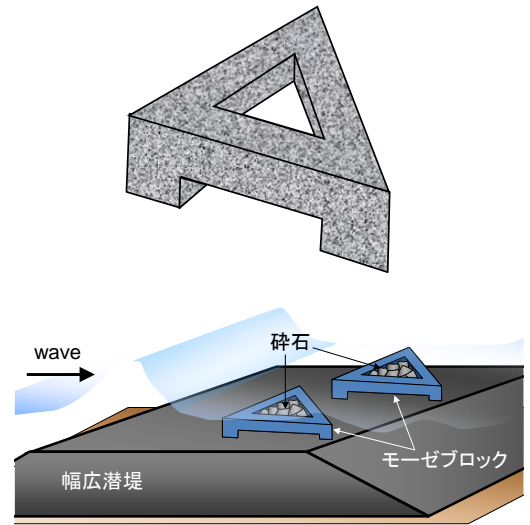


図-1 モーゼブロックのイメージ

2.2 実験内容

2.2.1 断面二次元水路実験

モーゼブロック（以下、MB と記す）の効果を検討するために、断面二次元実験により基礎的な検討をおこなった。**図-2** に実験装置を示す。断面二次元造波水路（長さ約 20m、高さ 1.2m、幅 0.6m）内に新潟西海岸の大規模潜堤を想定した模型（不透過）を縮尺 1/30 で作成した。造波板付近の水深は 0.6m で、潜堤の周辺は 0.3m（現地換算 9m、以下同様に括弧内に現地スケールを示す）の一定水深、天端水深は 6.7cm（2m）である。潜堤の岸側は若干の一定水深部があり、その背後に 1/10 勾配の不透過一様斜面を設けた。MB は正三角柱の形状をした不透過ブロックとし、現地での施工を考えてブロックサイズの基本的な寸法は 1

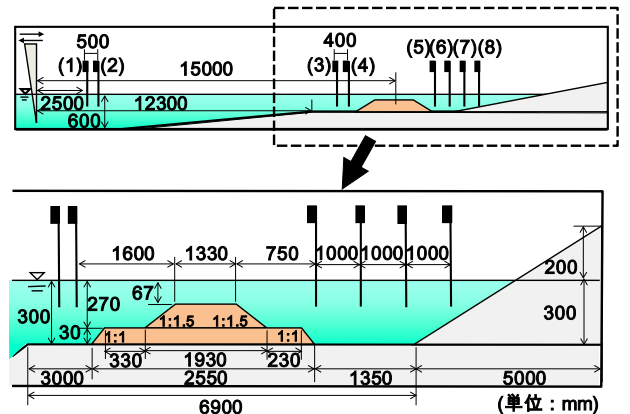


図-2 実験装置（断面二次元水路）

表-1 実験ケース（断面二次元実験）

Case	配置	ブロック高さ(cm)
No.0	ブロック無し	-
No.1	岸側	1.2
No.2	岸側	2.0
No.3	岸側	4.0
No.4	沖側	1.2
No.5	拡大	2.0
No.6	岸側2列	2.0
No.7	岸側3列	2.0
No.8	一様嵩上げ	1.2
No.9	一様嵩上げ	2.0

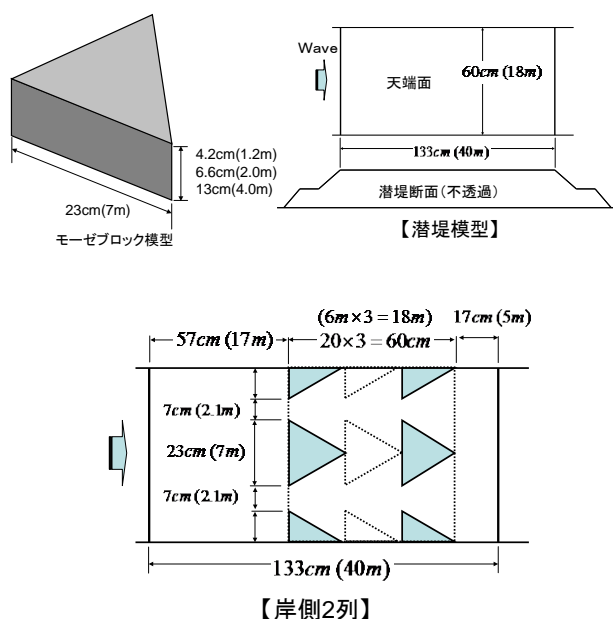


図-3 モーゼブロック模型および配置例

辺 23cm (7m) に設定した。断面二次元実験ではブロックの高さと潜堤天端上での設置位置、設置列数を変えたケースについて実験をおこなった。表-1 に実験ケースの一覧を、図-3 に断面二次元実験における Case No.6 の MB 配置例を示す。また、比較のため水路の幅方向に一様に嵩上げたケースも設定した。入射波は周期 1.64s の規則波とし、波高を 2cm から 13cm 程度まで変化させて実験をおこなった。(現地スケールで $T=9.0s, H=0.6\sim 3.9m$)。

(1) データの解析

計測した水面変動データから、入射波の波高、通過波の波高、岸側平均水位変化量を求めた。入射波の波高と周期は、波高計 1ch および 2ch の波形データにおいて、波高が安定しており、かつ、

潜堤からの反射波が含まれていない 4 波目から 8 波目までの 5 波を対象に平均波高を算出し、さらに 1ch と 2ch で平均したものとした。潜堤の岸側では、潜堤上での砕波や波と潜堤との非線形干渉による高周波数成分の発生により、規則波の実験であっても水面変動は複雑である。そこで、通過波の波高については、波高計 5ch と 6ch のデータのうち、静水位状態からの遷移過程を除くため最初の 60 秒間 (600 個) を除いて、波別解析により有義波高を算定し、2 地点での算定値を平均したものを通過波高とした。岸側の平均水位上昇量は 5ch と 6ch の波形データの最初の 60 秒を除いた 2048 個のデータを平均し、さらに 2 地点で平均して算出した。

(2) 主要な結果

図-4 は、入射波高が大きい約 10cm (約 3.0m) と約 13 cm (約 4.0m) の場合について、通過率 (入射波高に対する通過波高の比) と水位上昇率 (入射波高に対する岸側平均水位上昇量) との関係を示したものである。図中のプロット横の数字は Case No を示す。MB を天端上の沖側に設置した Case No.4 とブロック無しの No.0 を比較すると、MB を潜堤天端の沖側に設置すると逆効果になり、岸側に設置した場合に効果を発揮するということがわかる。また、Case No.6, No.7 と No.0 を比較すると、MB を複数列設置することで、現状の潜堤に比べて高い低減効果が確認される。全体的には、通過率が同程度であっても、入射波高が大きい方が水位上昇率の高いこと、および、通過率の増加に伴い水位上昇率も増加する傾向がみられる。潜堤の場合、通常天端水深が小さくなる、あるいは、入射波高が増大すると天端上での砕波が激しくなり通過率は小さくなるが、砕波にともない生じる流れによって岸向きの質量輸送が大きくなるため、基本的には岸側の平均水位上昇量は増大する。図-4 においても、潜堤のみの Case No.0 と一様に嵩上げた Case No.8 および No.9 をみると (楕円で囲む部分)、通過率が小さくなるほど水位上昇率が高くなるという傾向がみられる。しかし、これらのケースを除いて MB のケースのみをみると、図

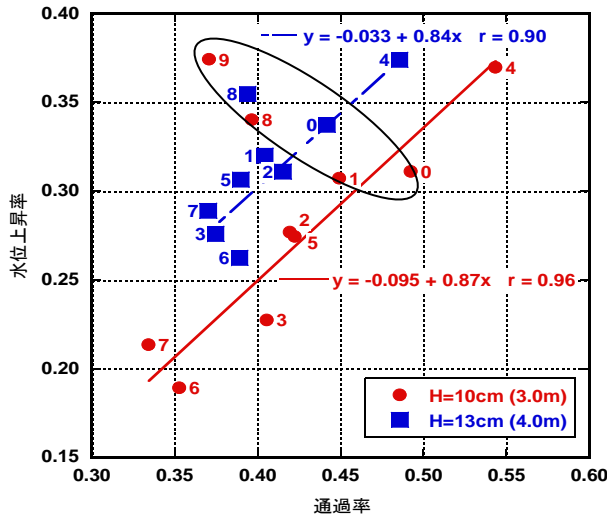


図-4 通過率と水位上昇率の関係

中の回帰直線で示されるように、通過率と水位上昇率に高い正の相関が認められる。この結果は、MBが配置やブロック高さなどを適切に設定することにより、高い波浪低減効果と潜堤岸側の平均水位上昇の抑制効果を同時に発揮できる可能性を示している。

2.2.2 平面水槽実験

断面二次元水路では平面的に等間隔で配置されるブロックの一部を切り取っているため、ブロックのサイズに対して1通りの配置しか設定できない。そこで、MBの間隔および配置パターンの効果を検討するために、平面水槽による模型実験をおこなった。図-5に示す平面水槽（長さ約20m、幅8.2m、高さ0.7m）内に新潟西海岸の大規模潜堤を想定した模型（不透過）を縮尺1/30で作成した。断面二次元実験と同様に水深は0.3m（9m）の一定水深、天端水深は6.7cm（2m）である。潜堤の岸側は若干の一定水深部があり、その背後には1/7勾配の消波装置を設けた。表-2に実験ケースの一覧を、図-6にMBの配置パターンを示す。MBは断面二次元実験と同様に正三角柱の形状をした不透過ブロック（1辺23cm（7m）、高さ6.9cm（2.1m））であり、設置間隔を2通りに変化させ（図-6中のΔxを3.5, 7.0cm）、設置列数を変えたケースについて実験をおこなった。入射波の周期は断面二次元実験と同じく周期1.64sで、波高2cm~13cmの規則波を用いた。

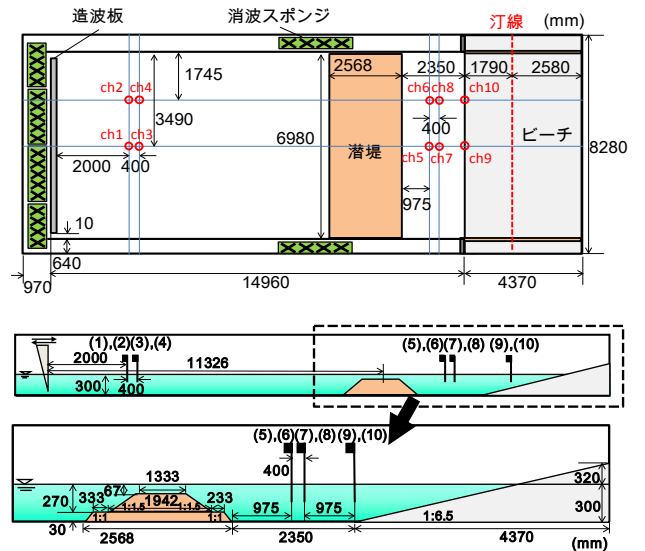


図-5 実験装置（平面水槽）

表-2 実験ケース（平面水槽実験）

Case	配置	ブロック間隔 (cm)
No.0	ブロック無し	-
No.1	岸側	3.5
No.2	岸側	7
No.3	岸側2列	3.5
No.4	岸側2列	7

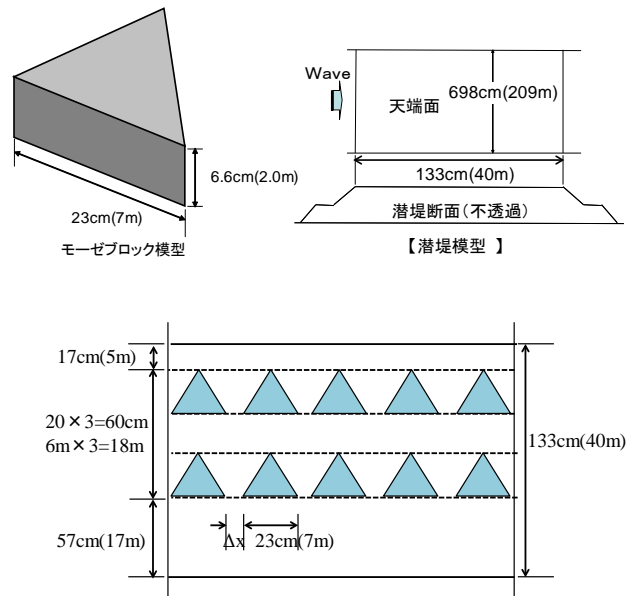


図-6 モーゼブロック模型および配置例

(1)解析方法

計測した水面変動データから、入射波高、通過波高、岸側平均水位上昇量を求めた。入射波の波高は、図-5中に示す造波板前方の波高計(1ch~4ch)のデータについて二次元水路の実験と同様の理由

で、3波目から7波目までの5波を対象に平均波高を算出し、それらを平均して入射波の波高とした。岸側の平均水位上昇量と通過波の波高は潜堤後方の波高計(ch5~ch10)のデータについて最初の40秒を除いた2048個のデータを平均して岸側水位上昇量を算定、波別解析法により有義波高を算定した。

(2) 主要な結果

図-7に入射波高に対する潜堤通過後の有義波高を、図-8に入射波高に対する潜堤岸側平均水位上昇量を示す。実験結果をみると、通過波高はCase No.3 (MB 設置間隔 3.5cm, 2列配置) が最も低減しており、次にCase No.1 (MB 設置間隔 3.5cm, 1列配置) が低減されていた。これは、MB の間隔を狭くすることによって潜堤を一様嵩上げたものと近くなるためであると考えられる。岸側平均水位上昇量は、潜堤のみのケースが最も小さくなっており、効果が認められた断面二次元の実験結果とは矛盾する結果となった。断面二次元実験で特に効果が大きくなった2列設置の場合、平面実験では2列設置することで波の遮断機能と平均水位抑制機能も1列設置よりも悪くなっている。この断面二次元実験と矛盾する結果の理由について現時点では不明であり、さらに検討を要する。

3. 結論

幅広潜堤の波浪低減効果を高め、かつ、岸側の平均水位上昇を抑える目的で提案されたモーゼブロックの基本性能を確認するため、断面二次元造波水路と平面水槽による水理模型実験を実施した。得られた主な知見は以下のとおりである。

- (1) MB の設置位置は潜堤天端の岸側が適しており、沖側に設置するとより大きな平均水位上昇を生じる可能性がある。
- (2) 平面的なサイズの効果については、MB の大きさとブロック間隔の比率が同じであれば、ブロックの平面的なサイズを変えても効果に大差は無い。
- (3) 断面二次元実験では MB を複数列設置することで、高い波高低減効果と水位上昇の抑制効果が発揮されるという結果が得られた。

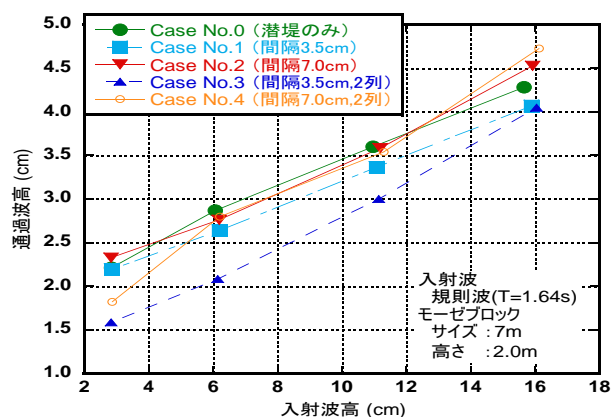


図-7 入射波高に対する通過波高

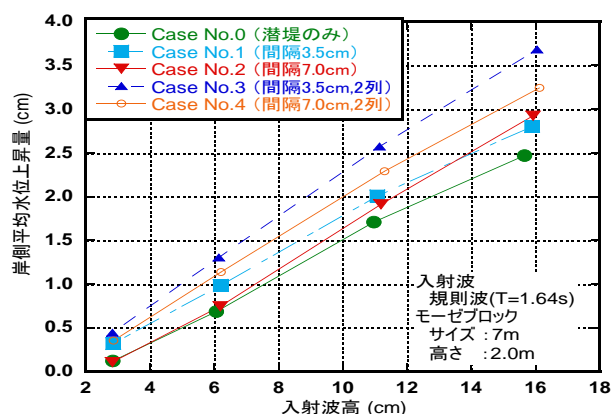


図-8 入射波高に対する岸側平均水位上昇量

- (4) 平面水槽実験において、MB の設置間隔を変えると岸側の水位上昇量の抑制効果に変化し、設置間隔が狭くなると波の遮断効果は大きくなるが平均水位は大きく上昇する。
- (5) 平面水槽実験の結果は、断面二次元での実験の結果と異なるものとなった。両者で同条件である間隔 7cm の場合についてみると、単列では平均水位抑制効果はほとんどみられず、2列では逆に平均水位を上昇させている。また、波の遮断機能も潜堤のみの場合とほとんど変わらない。この平面水槽実験と断面二次元実験とで矛盾する結果について、現時点では原因は不明である。

以上、断面二次元実験の結果からは潜堤背後の平均水位と通過波の低減に MB が高い効果を有することが示された。しかし、平面水槽実験の結果は断面二次元実験の結果と矛盾するもので、現時点ではこの理由は不明であり今後検討を要する。