

防潮堤基礎地盤の洗掘対策に関する 実験的検討

八戸工業大学 学生会員 ○葛西 康世
八戸工業大学大学院 学生会員 小山 直輝
八戸工業大学 正会員 橋詰 豊
八戸工業大学大学院 正会員 金子 賢治

1. はじめに

2011 年東北地方太平洋沖地震で発生した津波によって多くの防潮堤が崩壊した。その破壊形態の一つとして、防潮堤裏法尻部の基礎地盤の洗掘が挙げられる。このような洗掘対策はコンクリート製の根固めブロックを用いた工法が主流であるが、コンクリートの経年劣化による強度低下や施工精度・地盤変状等によって隙間が生じることで、被災時には津波による吸い出し・流出・崩壊が懸念される。根固めブロックの流出・崩壊を防ぎ防潮堤の安定を確保するためには、基礎地盤自体が洗掘に粘り強く抵抗できる必要がある。本研究では防潮堤裏法尻部の基礎地盤を対象として、ジオシンセティックス材料を用いた合理的な洗掘対策手法について津波水理実験を行い実験的に検討した。

2. 実験の概要

(1) 実験条件

本研究は縮尺 1/25 を想定し、津波水理実験を行った。使用した開水路の概要図及び、水理条件を図-1 に示す。開水路の寸法は幅 0.6m、長さ 11m、深さ 0.8m であり、ポンプによって水を循環し、定常流を継続的に発生させている。出水口から 4m の位置に越流状態を再現するため、落差 150mm になるように厚さ 30mm、高さ 350mm、奥行き 600mm の木材で作成した防潮堤モデルを設けた。防潮堤上流側の水深は約 200mm、流速は 10cm/s である。防潮堤直上の越流水深は 45mm で、防潮堤高さの 30% である。また、越流した水流が基礎地盤に落下する位置は防潮堤背面から約 150mm であったため、その 2 倍の 300mm までを洗掘対策の対象範囲とした。防潮堤背後から 800mm、深さ 200mm の範囲を移動床とした。

(2) 使用材料

ジオセルは PP 製の OHP シートを用いて作成し、実物で高さ 300mm、孔径 500mm のものを縮尺 1/25 でモデル化し、高さ 12mm、孔径 20mm とした。また、不織布をワイピングクロス、ジオグリッドは網戸の網で代用した。実験に用いたこれらの材料を写真-1 に示す。根固めブロックは実物大 $1.5 \times 1.5 \times 0.6$ m の直方体を想定し、縮尺 1/25 により $60 \times 60 \times 25$ mm としてモデル化した。密度を実物

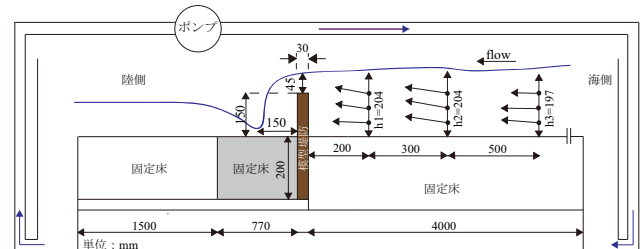


図-1 実験に用いた開水路の概要及び水理条件

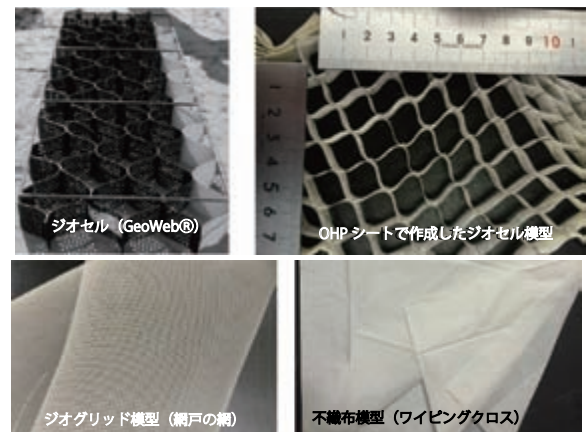


写真-1 実験に用いたジオシンセティックス材料

表-1 実験に用いた川砂の基本的性質

試料名	川砂
土粒子の密度 (g/cm^3)	2.758
均等係数	2.29
曲率係数	1.21
平均粒径	0.55
最小密度 (g/cm^3)	1.321
最大密度 (g/cm^3)	1.624
最適含水比	15.492
最大乾燥密度	1.662

と同じものとし、約 $2.35\text{g}/\text{cm}^3$ とした。

ジオセルの中詰め材は粒径 100~250mm 程度の割栗石を想定し、粒径 4.75~9.5mm の碎石を用いた。碎石の空隙に充填する水締め材料として粒径 0.05~0.15mm の珪砂 8 号を使用した。移動床については縮尺 1/25 の粒度とすると細粒土のようになってしまうため、通常の砂質土を用いることとし、青森県十和田市で採取された川砂を用いた。その基本的性質を表-1 に示す。移動床は、締固め度 90% になるように 100mm ずつ 2 層に分けて突き固めて作成した。

(3) 実験ケース

実験のケースの模式図を図 2 に示す。ケース 1 は、防冲堤背後から 300mm の範囲に根固めブロックを敷設したケースである。現在主流である根固めブロック工法の効果について検討する。なお、実際の根固めブロックは複雑な形状をしており、隣接するブロックとの結合を高めているものも多いが、本研究では簡単のため直方体として設置している。ケース 2 は、ブロック下部にジオセルを 1 段設置し、ジオセル下部に中詰め材流出防止として不織布を敷いたケースである。ブロック下部の地盤を補強した場合の洗掘に対する効果を検討する。ケース 3 は、ケース 2 のジオセルとブロックの間にも不織布を敷き、ジオセル上下からの中詰め材の流出を抑制した場合である。ケース 4 は、10mm の覆土の下にジオセルを 3 段設置し、ジオグリッドで挟み、その下部に碎石層を設けて碎石層下部に不織布を敷いたケースである。ブロックを使用せずにジオシンセティックス材料のみで補強し、コンクリート等の固化体を用いない場合の洗掘対策について検討する。

3. 実験結果

図-3に洗掘中の地表面変化を示す。ケース1では、越流開始後徐々にブロック同士の隙間が広がり、20秒後には3～4個のブロックが流出した。その後、移動床の洗掘が進行した。移動床が洗掘されたことで、ブロックがほぼ全て支持力を失い沈下し、約90秒後には移動床底面まで洗掘が進行した。実験では防潮堤モデルを剛結して設置しているため自立した状態を保っているが、実際の防潮堤であれば安定性が失われ崩壊するものと考えられる。したがって、基礎地盤上にブロックを敷設しただけの場合には、ブロック間の隙間が完全に塞がれていない限り、土粒子が徐々に吸い出されて基礎地盤が洗掘され、防潮堤の崩壊に至ることがわかる。ケース2では、ケース1と同様に越流開始から約20秒程度でブロックが流出したが、ジオセルで補強しているためケース1に比べて急激な洗掘は見られなかった。ただし、徐々にジオセルの中詰材が吸い出され、ジオセル下部の土粒子が流出し、ジオセル自体がブロックとともに流出した。その後、240秒で移動床底面まで洗掘が進行した。ジオセルをブロック下部に設置したことで、洗掘の進行を遅らせることはできたが、ジオセル上部からの中詰め材の流出を防がない限り、最終的には洗掘が発生し防潮堤が不安定化すると考えられる。ケース3では、4～5個のブロックの流出が確認されたが、中詰材の吸い出し、ジオセルの流出や洗掘の進行も無く10分以上経過したため実験を終了した。これは、ジオセル上下に設けた不織布が中詰材の吸い出しを防ぎ、それによってジオセルとブロックの間に

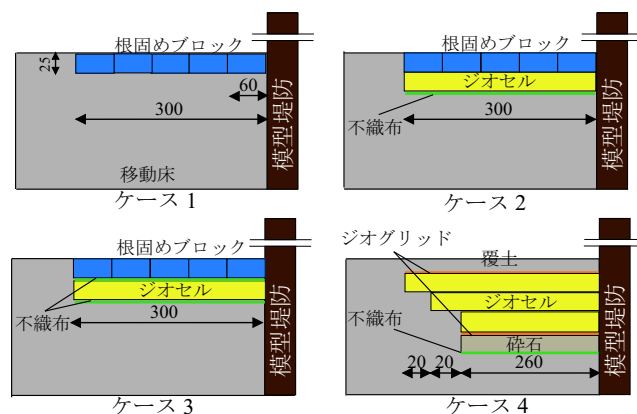


図-2 実験ケース模式図

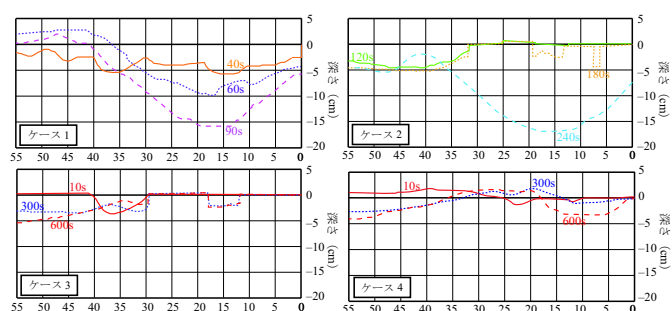


図-3 基礎地盤面の洗堀による変化

隙間ができるのを防いだためと考えられる。以上から、ブロックを設置して洗掘を防止しようとする場合、ブロック下部にジオセルを設置して上下からの中詰め材流出を防ぐことで、ブロックの津波に対する安定性が大幅に増加することがわかった。ケース 4 では、覆土が越流直後に流出した。ジオセルの中詰材が若干吸い出されているが、ジオセルの流出には至らず、洗掘も発生していない。ケース 3 と同様にこのまま洗掘が進行することなく 10 分以上経過したため実験を終了した。これは、ジオセル層上下のジオグリッドが中詰材の吸い出し防止に効果的に作用し、ジオセル層で基礎地盤に伝わる流速を低減したためと考えられる。ブロックを設置せず基礎地盤をジオシンセティックスを用いて補強する方法によっても洗掘を防止できることがわかる。

4. おわりに

本実験から、根固めブロックのみでの洗掘対策には不安が残るがブロック下部を補強することで洗掘に対する基礎地盤の安定性は格段に向上することがわかった。また、ブロック下部の補強にジオセルを用いる場合は、ジオセル上下に不織布等を敷設し、中詰材の流出を抑制する必要がある。また、根固めブロック等の固化体を用いることなくジオシンセティックス材料のみでの洗掘対策が可能であった。防潮堤を越流するような津波は数十年～数百年に一度発生するため、洗掘対策手法は長期的な耐久性も求められる。これらの検討については今後の課題である。