

フィルターネットを適用した捨石傾斜堤施工時の堤体保護法に関する研究

東亜建設工業(株)土木本部設計部 正会員 大木 泰憲
東亜建設工業(株)技術研究所 正会員 五明美智男

1. はじめに

捨石傾斜堤の施工において、被覆ブロックとコア材との間には、一般にフィルター層としてフィルターブロックが設置される。しかし、ブロックの設置には多くの時間を要し、急速施工の際に大きな障害となる。フィルターネットはこの急速施工に応じるために考案されたものであり（志村ら，2000），フィルターブロックの効果をネットに代替するものである。フィルターネットが成立する要素としては、コア材がネットから抜け出さない目合い、およびネットが波浪で煽られないための被覆ブロックの重量、の2つが必要である。しかし、施工途上で被覆ブロックが設置されていない状況では、ネットを抑える要素が欠けるためその機能がほとんど発揮されない。そこで本研究では、施工途上においてネットに重量を付加することを考え、重量およびその配置が堤体の安定に及ぼす影響を、水理模型実験によって検討した。

2. 実験断面および実験方法

実験は、長さ 50m × 幅 1m × 高さ 1.2m の 2 次元造波水路を用いて実施した。水路底勾配は 1/20 とし、非越波断面および傾斜堤断面を、それぞれ水深 42cm, 31cm の位置に設置した。図-1 に示すように、非越波断面では法面全体を覆うようにネットを敷設し、上端はネット固定具に固定して滑り落ちないようにしている。一方、傾斜堤断面では天端上に方塊を設置して、方塊の下から法先までを覆うようにネットを敷設している。砕石の粒径は、非越波、傾斜堤の両断面ともに $D_{50}=12.6\text{mm}$ であり、ネットへの重量付加による現象のみを把握するため、ネットの目合いは砕石が抜け出さない 6mm としている。また、ネットに重量を付加する方法としては、ネットに鎖を格子状に取り付ける方法を採用した。鎖の重量・格子間隔は表-1 に示すとおりである。実験では、堤体に何も敷設しない場合、ネットのみ敷設した場合、敷設したネットに鎖を取り付けた場合について実施し、非越波断面では天端が侵食されるまで、傾斜堤断面では方塊の下が侵食されるまで、それぞれ規則波を小さい波高から順に 200 波ずつ作用させた。そして、各波高を作用させるごとに、静水面とその上下方の色付砕石の移動状況、および水路中央部岸沖方向の堤体高さを 3cm 間隔で記録し、堤体の断面変化を計測した。

3. 実験結果および考察

(1) 被災の進捗形態 図-2 は、被災の進捗形態の一例であり、鎖(b)を格子間隔 8cm で取り付けた場合のものである。図は静水面付近を拡大したもので、初期および波高 $H=5, 6, 9\text{cm}$ の波作用後の断面形状を示している。また、鎖の取り付け位置である。図-2 を見ると、破線で示した $H=5\text{cm}$ 作用後では、 $x=50\text{cm}$ 付近の鎖位置で断面が初期形状より高くなっており、その位置と天端方向の次の鎖との間で断面が S 字状に変形していることが分かる。これは、鎖で抑えられたネットが袋状になり、波の作用で移動した砕石がその袋の中で留まったことを意味している。波力が大きくなり鎖の重量では抗しきれなくなると、点線で示した $H=6\text{cm}$ 作用後の様に、鎖を跨いで断面が変形を始める。そして最終的には、1 点鎖線で示した $H=9\text{cm}$ 作用後の様に、断面全体が S 字の形状を描く様に

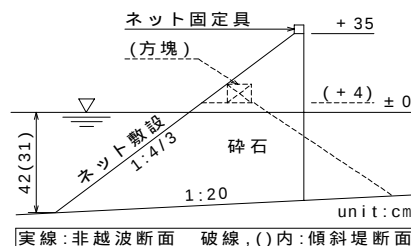


図-1 実験断面

表-1 実験条件

断面形状	非越波断面, 傾斜堤断面
砕石	$D_{50}=12.6\text{mm}$, $M_{50}=3.42\text{g}$
ネット目合い	6mm × 6mm
鎖重量	(a)48g/m, (b)36g/m, (c)26g/m
鎖格子	4cm, 8cm, 10cm, 16cm, 鎖なし
規則波波高H	4cm~20cmの1cm(2cm)間隔
規則波周期T	1.7s
作用波数	各波高ごと200波

傾斜堤断面では下線部のみ実施

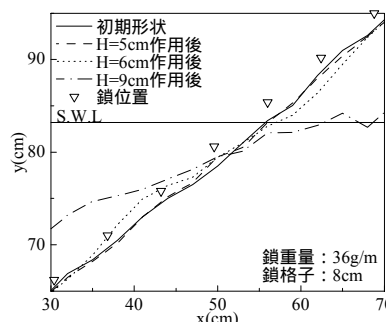


図-2 被災の進捗形態

キーワード：フィルターネット、捨石傾斜堤、施工時安定性、対策

連絡先（東京都千代田区四番町5，TEL:03-3262-5105，FAX:03-3239-2793）

変形する．一方，ネットを敷設しない断面では， $H=5\text{cm}$ の時点ですでに図-2 の点線のような断面変形を生じることが計測されている．以上のことから，施工途上においても重量を付加することによって，フィルターネットの効果を発揮させることが可能となる．

(2) 付加重量の配置が被災の進捗に及ぼす影響 図-3 は，非越波，傾斜堤の両断面について，付加重量の配置別に波高と被災度との関係の一例を示したものである．ここでの被災度 S は，van der Meer (1987) が提案した $S=A/D_{50}^2$ を用いており， A ：侵食された断面積， D_{50} ：粒径加積曲線での中央粒径，で定義している．また，付加重量の大きさに対するパラメータとして，鎖 1m あたりの重量 W と碎石の重量加積曲線での中央重量 w_{50} との比 W/w_{50} を，そして付加重量の配置に対するパラメータとして，鎖の格子間隔 L と D_{50} の比 L/D_{50} を定義している．図-3 のうち，黒塗りで

示した非越波断面について見ると， $S=10$ 程度を境にして曲線の勾配が急変していることが分かる．これを被災の進捗状況と照らし合わせると， $S=10$ は静水面付近の部分的な被災から断面全体の被災への遷移領域に当たる．図-3 を見ると，ネットのみの場合にはネットなしと同程度の波高で $S=10$ となるものの， L/D_{50} が小さい場合ほど初期の被災の進捗が遅れ， $S=10$ に相当する波高は， $L/D_{50}=3.2$ の場合でネットなしのときの 2 倍弱となることが分かる．一方， $S=10$ を越えて急激に立ち上がった曲線は，いずれの条件でもほぼ同じような傾向を示しており，断面が一旦変形を始めるとその後は断面変形が一気に進むことが分かる．これは，断面が変形してネットと堤体表面との間に空隙が生じ，ネットが宙に浮いた状態になったためで，長い法面に生じる堤体の不陸にネットが追従できないことが原因である．一方，白抜きで示した傾斜堤断面の曲線を見ると，いずれの条件においても非越波断面の場合より勾配が緩やかである．これは，天端が低く，断面が削られた侵食跡に上方から落ち込む碎石の少ないことが原因の一つである．しかし詳細に見ると，ネットに鎖を取り付けた場合の勾配がより緩やかであることが分かる．この理由としては，堤体の侵食が法肩部分から進むことが考えられる．つまり，法肩が先に侵食され丸くなるため，ネットが宙に浮くことなく常に堤体表面に接触することで，その効果が持続しているといえる．こうした実験結果によれば，被災度 $S=50$ に至る波高は， $L/D_{50}=3.2$ の場合でネットなしの 3 倍程度となり，大幅に被災の進捗を遅らせることが出来る．

(3) 付加重量が被災初期段階に及ぼす影響 図-4 は，非越波断面について，ネットなしの場合を 1 とし，被災度 $S=10$ の時の波高を付加重量別に相対的に示したものである．図を見ると， $L/D_{50}=3.2$ では重量による差が明確であるものの， $L/D_{50}=6.3$ および 12.7 では $W/w_{50}=14.0$ と 10.5 でほぼ同じ値を取っており，重量の効果が少ないことが分かる．この理由としてはネットのたわみの影響が考えられる．鎖の格子が小さい場合にはたわみが少ないため，動き出そうとする碎石がネットに掛かり，鎖の重量が作用する．しかし，鎖の格子が大きくなりたわみ量が多くなると，碎石がネットに掛かるまでの移動距離が増え，相対的に重量の効果が少なくなると考えられる．このことから，ネットに重量を付加する場合には，重量を増すよりも密に配置する方がより効果的であることが分かる．

4. おわりに

捨石傾斜堤へのフィルターネット適用に際して問題となる，被覆ブロック未施工時の堤体保護法として，ネットに重量を付加することを考え，付加重量の大きさと配置を変化させた水理模型実験を実施した．その結果，ネット上に重量を適切に配置して付加することで，被災の進捗を大幅に遅らせることが出来ることが明らかになった．

参考文献 志村ら(2000)：防波堤のマウンド被覆におけるフィルターネットの効果，海岸工学論文集，vol.47，pp.901-905．

van der Meer, J.W.(1987)：Stability of breakwater armor layers design formulae, Coastal Engineering, Vol.11, pp.219-239

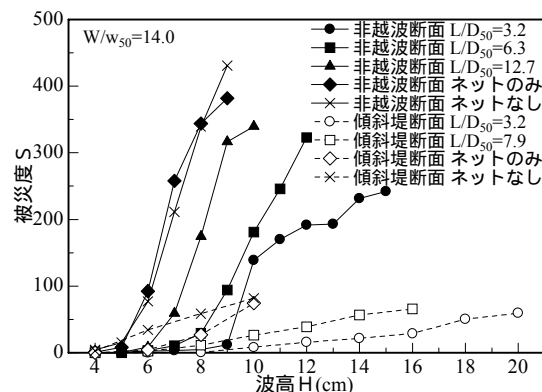


図-3 付加重量の配置と被災度の関係

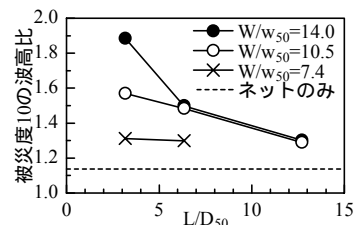


図-4 付加重量と被災度の関係