

建設省土木研究所 正員 加賀谷 均
 建設省土木研究所 正員 福岡 捷二
 建設省土木研究所 正員 藤田 光一

1. はじめに

通常の土堤をアーマー化（耐越水化）することにより堤防越水時の洪水被害が大幅に軽減されることから、従来より土木研究所で種々のアーマー化工法が検討されてきた。これらの多くは、蛇籠やブロックなど河道の洗掘防止に用いられるものを応用したものであるが、近年、防水シートを用いたアーマー化工法の開発に対する要請が高まってきた。これは、第1に安価で強度の大きいシートが開発されてきたこと、第2に堤防の質を総合的に強化するという観点から、単に耐越水機能を持つだけでなく堤体土の強度低下を招く雨水浸透を防止する機能をも併せ持つことが要求されるようになり、こうした複合機能を持つ部材として防水シートが有力視されているからである。本研究の目的は、堤防アーマー化に防水シートを用いる際の水理的問題点を明らかにし、その対処法を提示することにある。

2. 防水シートを堤防アーマー化に用いる場合の水理的問題点

越流水による堤防破壊を防止するためには、天端から裏法面にかけて浸食防止工法を施すことが必要となり、これに防水シートが用いられる。この際問題となるのは、第1に裏法尻におけるシート末端の処理である。シート末端より下流では越流水により激しい浸食が起こる。シート自体の重量が小さくシートに土をおさえつける機能を期待できないため、この浸食が裏法部のシートの下に拡がりシートの浸食防止機能が失われると考えられる。したがって、シート下流の浸食が堤体に及ぶことを防止するための措置、すなわち法尻保護工が必要となる。図1は、法尻保護工（案）であり、ブロックがシートをおさえつけるとともに、水がブロック上ではねてブロック直下流の土を洗掘しないことをねらっている。第2の問題点は、堤体内の空気や水を外に出す必要があることから、雨水浸透を防止する一方で排気や排水が可能となるようなシートの構造が要求されることである。したがって堤体の浸透防止に支障がないようにシートに排水及び排気口をつけるよう工夫しなければならない。図2は、浸食及び雨水浸透を防止する一方で排水・排気を許す裏法保護工（案）である。これらは、以前に雨水浸透防止工法として考案された「かさかけ工法」を、耐浸食能力を持つように改良したものである。b)に示す階段式かさかけ工法については、越流水の減勢機能も期待している。以下に、これらの原案をたたき台として行った法尻及び裏法保護工開発実験の結果を示す。

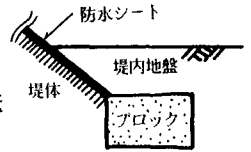


図1 法尻保護工案

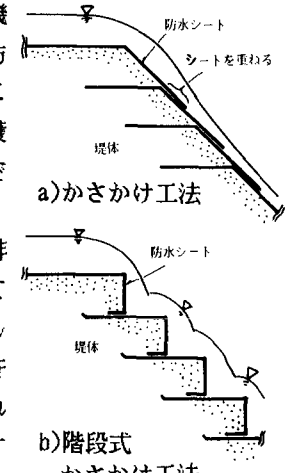


図2 裏法保護工案

3. 大規模越流実験による法尻および裏法保護工の開発

3.1. 実験方法

実験は、幅2.35mの水路に図3に示すような大型の模型堤体を製作し裏法と法尻に保護工を設置した後通水して、保護工の耐越水機能を調べるといものである。なお、実大堤体模型は、表法と天端部分が固定床で、裏法とその下流だけを移動床にしている。これは、越水による堤防破壊が裏法から始まること、通常堤防強化を行う際には、表法と天端を止水構造とすることから、裏法とその下流だけを移動床とした実験でも保護工の機能に関する有意な情報が得られると考えたからである。なお移動床部分の堤体材料には平均粒径 1mmの砂を用い、防水シートには、厚さ1.5mm、引張り強さ150Kg/cm²の塩ビ系シー

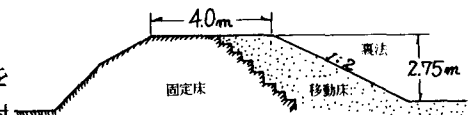


図3 堤体模型

トを用いた。実験では、単位幅流量 0.4t/s/m の越水に少なくとも3時間以上耐える保護工の開発を目的とした。

3.2. 法尻保護工について

図4は、図1に示した法尻保護工について、流下方向の長さ 25cm 、高さ 15cm のブロックを用いた場合の法尻下流の河床高縦断変化とその時間変化を示したものである。単位幅流量

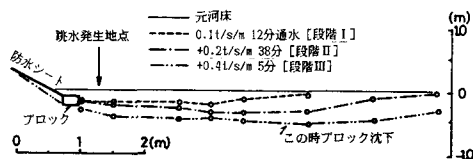


図4 法尻保護工下流の洗掘状況

0.2t/s/m を38分通水した段階では、法尻保護工の機能に支障はなかった。この時の河床高は、図からわかるように、ブロック直下の河床がブロック上面より 10cm 低く、そこから下流に行くにつれて河床が低下し、法尻から 2.5m 離れた所で最深河床となり、以後再び河床が上昇する、というものである。またブロック近傍には、図5に示すようにブロックの長さ程度の小さなスケールの洗掘孔が形成される。図4、図5に示すような河床高の縦断が現れるのは、図5に示すように、ブロックによって越流水がはねられ図中の矢印で示すような流線パターンが生じているためと考えられる。単位幅流量を 0.4t/s/m に増してさらに5分通水すると、図4に示すようにシートの下

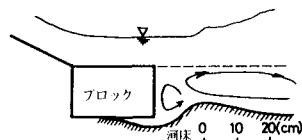


図5 法尻保護工近傍の洗掘状況(段階II)

の塊体土が吸い出され保護工が沈下した。以上から、法尻保護工がその機能を維持するためには、図5に示す洗掘孔よりもブロックの下端が十分深く、砂が吸出されない状態であればならないことがわかる。図6は、以上の結果をふまえて、法尻保護工のブロック部分を長さ 1.2m 、深さ 0.5m に拡大して行った実験の結果を示している。なお、ここではブロックの代りにフトン籠を用いている。これは、法尻保護工にドレーン機能を持たせるためである。図6より、単位幅流量 0.4t/s/m を195分、 0.8t/s/m を30分通水しても、フトン籠直下流の洗掘深が保護工の深さに達せず、保護工の機能を維持していることがわかる。水はね機能を損ねる程のフトン籠内の石の移動も見られず、越流水に対してフトン籠が十分な強度を持っていることも確認された。

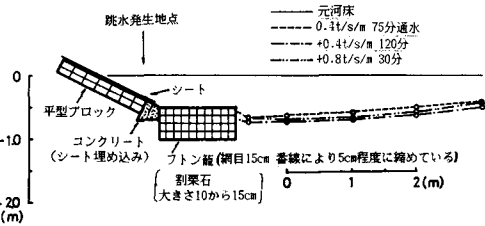


図6 フトン籠を用いた法尻保護工下流の洗掘状況

図6より、単位幅流量 0.4t/s/m を195分、 0.8t/s/m を30分通水しても、フトン籠直下流の洗掘深が保護工の深さに達せず、保護工の機能を維持していることがわかる。水はね機能を損ねる程のフトン籠内の石の移動も見られず、越流水に対してフトン籠が十分な強度を持っていることも確認された。

3.3. 裏法保護工について

実験の対象にしたかさかけ工法の諸元を図7a)に示す。流量 0.4t/s/m を3時間、さらに 0.8t/s/m を3時間越水させたが、シートの重ね部分からの砂の吸出し及び堤体に埋め込まれているシート自体のずれ等の変化は見られなかった。これは、今回の実験で採用したシートの重ね長及びシートの堤体への埋め込み長が、砂の吸い出しやシートのズレを防ぐのに十分な大きさを持っていたためと考えられる。階段式かさかけ工法については、フトン籠が越水に強いことに着目して、図7b)に示すようにフトン籠を重ねた構造とした。 0.4t/s/m を3時間越水させたも保護工にほとんど変化はなく保護工自体の耐越水能力は確認されたが、法尻保護工として用いられているフトン籠の前面が著しく洗掘され、沈下した。これは、流れが階段のところでジャンプし、法尻保護工のさらに下流に落下したためである。このことから、階段式かさかけ工法は、越流水を全体的には減勢するものの法尻の洗掘深減少には不利であり、かさかけ工法の場合より法尻保護工を長くしなければならぬことがわかる。

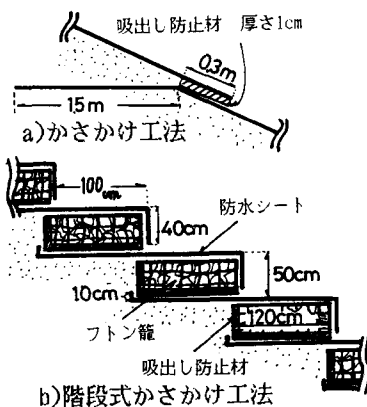


図7 裏法保護工の諸元

本実験により、防水シートを用いたアーマーレビーが実用上十分な耐越水性を持つことが示された。今後は、種々の条件の下での実験により、堤体破壊につながりやすい堤体土の吸出しに対する安全性をより一般的に明らかにする必要がある。