河川堤防の透水特性を考慮した浸透安全性評価と降雨浸透対策について

パシフィックコンサルタンツ株式会社 河川部 正会員 佐々木博明
河川部 正会員 ○新村卓也、正会員 増山博之
河川部 上村雄介、木村　茂

１．はじめに

河川堤防の浸透に対する安全性は、堤体の築堤履歴と締固め状態に起因するとともに、裏のり面からの降雨浸透による浸潤線の上昇が安全性低下要因のひとつである。既報[1)]では堤体裏のり面の透水特性を簡易に把握する調査手法として、河川ではこれまで前例がない現場透水試験 GWP 法の有効性をボーリング法との比較で明らかにした。本報では、浸透に対する安全性の観点から解析的検討を行い、GWP 法の河川堤防における実用性が高いことを明らかにした。また、堤体裏のり面表層の透水特性が堤体内の浸潤線に及ぼす影響と、裏のり面の降雨浸透抑制対策が、浸潤線上昇を抑える高い効果が認められる反面、パイピングを助長する可能性が高くなることが明らかになったので報告する。

２．GWP 法の河川堤防への実用性検討

GWP 法の河川堤防への実用性は、本来、物性値の同じ同一地点における GWP 法とボーリング法との比較から検証する必要性があるものの、両者の試験法の違い等もあり、既報[1)]では図-3 に示す同一層で実施した結果を用いて評価を行っている。そこで、本検討は両者の試験結果の差異が浸透安全性に与える影響について解析的に評価し、GWP 法の河川堤防への実用性を検証した。

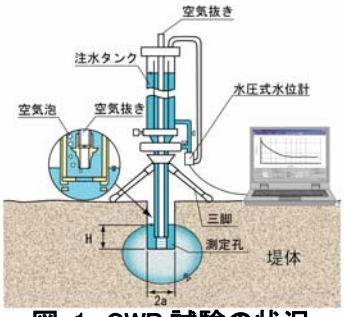

図-1　GWP 試験の状況

(1)GWP 法の試験概要および試験結果

図-1 に GWP 試験装置および試験状況を示す。GWP 法は堤体表面に掘削した測定孔内の水深を一定に保ち、定常状態での注入流量から透水係数を求める試験法である。

試験装置はパソコンでリアルタイムに透水係数を把握できるように改良を行った。

図-2 に GWP 法とボーリング法の試験結果を示す。これより、GWP 法とボーリング法は細粒分含有率が概ね同等であれば半オーダー程度の範囲で整合していることが明らかになった。

表-1　浸透流解析結果

堤体＼基礎地盤		粘性土		砂質土		備　考
		水平方向	鉛直方向	水平方向	鉛直方向	
Bs層の透水係数	5.0×10^{-3}	0.377	0.168	0.176	0.194	
	1.0×10^{-3}	0.425	0.204	0.227	0.205	Bor法の試験値
	5.0×10^{-4}	0.424	0.201	0.253	0.203	GWP法の試験値

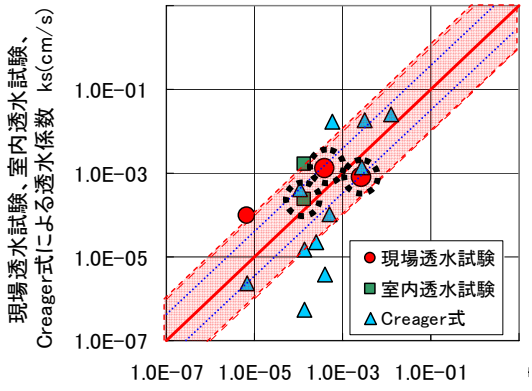

図-2　透水試験結果

(2) 検討方法および検討条件

図-3 に検討で用いた実堤防の地層構成を示す。堤体の透水係数はボーリング法で求めた 1×10^{-3}cm/s を基本に、半オーダー上下に設定した。基礎地盤は実堤防モデルとして 1×10^{-5}cm/s の粘性土層と、比較のため 5×10^{-3}cm/s の砂質土層を設定した。

(3) 検討結果および考察

表-1 に裏のり尻における局所動水勾配の最大値を示す。これより、堤体の透水係数で半オーダー程度の差異であれば基礎地盤条件にかかわらず、局所動水勾配は照査基準の 0.5 を下回る範囲で概ね一致することが認められた。従って、浸透安全性の観点から、GWP 法は河川堤防における実用性が高いと判断した。

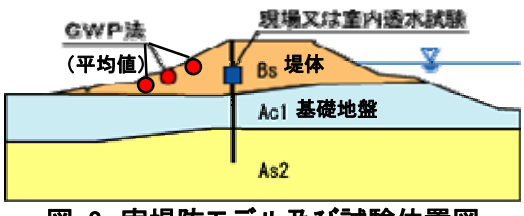

図-3　実堤防モデル及び試験位置図

キーワード：河川堤防，GWP 法、浸透安全性評価、浸透特性、浸透抑制対策、降雨浸透
連絡先　〒163-0730　東京都新宿区西新宿２丁目７番１号　パシフィックコンサルタンツ株式会社　ＴＥＬ03-3344-1305

3．透水特性を考慮した浸透安全性評価と降雨浸透対策

3.1 堤体裏のり面表層の透水特性が堤体内の浸潤線に及ぼす影響

実堤防を対象に裏のり面表層部で実施した GWP 法と、堤体中央部で実施したボーリング法の透水係数値は、堤体の不均一さに起因した細粒分含有率の違いから、1 オーダー以上異なる事例が認められた。そこで、堤体裏のり面表層の透水特性が堤体内の浸潤線に及ぼす影響について解析的検討を行った。

(1) 解析条件及び検討方法

図-4 に実際の堤防の地層構成を示す。堤体は透水係数 1×10^{-3}cm/s の砂質土層であり、基礎地盤は 1×10^{-5}cm/s の粘性土層である。一方、土質特性の違いによる浸潤線の変化を比較するために、図-5 に示すように、5×10^{-3}cm/s の基礎地盤層を検討ケースに選定した。堤体表層部はモデル上 t＝50cm の厚みを設定した。作用外力は当該河川の計画外水位波形と降雨波形を組合せ、非定常の飽和不飽和浸透流解析を行った。

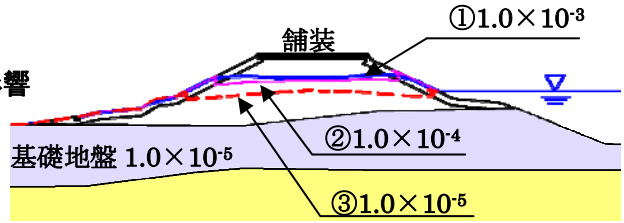

図-4　粘性土の基礎地盤における堤体内浸潤線

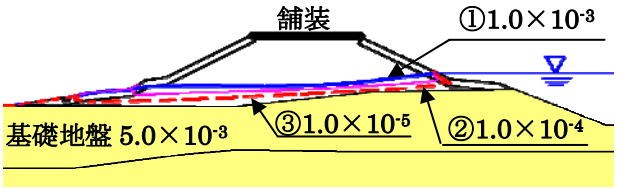

図-5　砂質土の基礎地盤における堤体内浸潤線

表-2　浸透流解析結果

堤体＼基礎地盤		粘性土 水平方向	粘性土 鉛直方向	砂質土 水平方向	砂質土 鉛直方向	備　考
堤体表層部の透水係数	①$1.0\times10^{-3}$	0.425	0.204	0.227	0.205	均一堤として評価
	②$1.0\times10^{-4}$	**0.823**	**0.857**	0.260	0.177	
	③$1.0\times10^{-5}$	**0.743**	**0.933**	0.147	0.094	

堤体中央部の透水係数は1.0×10^{-3}(cm/s)

(2) 検討結果

図-4 及び図-5 に、堤体表層部の透水係数を堤体と同様に 1×10^{-3}cm/s から 1×10^{-5}cm/s まで変化させた場合の堤体内浸潤線の変化を示す。図-4 より、堤体表層部の透水性が低くなるに連れて、堤体内の浸潤線は低下傾向にあることが認められる。一方、比較のための基礎地盤砂質土層では、図-5 に示すように堤体内の浸潤線に大差は認められない。

表-2 にそれぞれの検討ケースでの裏のり尻近傍における局所動水勾配値を示す。これより実堤防である基礎地盤粘性土層では、浸潤線が低下しているにも係わらず局所動水勾配値はパイピングの基準値 0.5 を大きく上回る傾向が認められる。これは堤体のり尻近傍の被圧によるものであり、圧力が容易に開放する透水性の高い基礎地盤砂質土層の検討ケースから判断できる。

3.2 裏のり面の降雨浸透抑制対策

図-6 および表-3 に実堤防における強化対策を想定して、裏のり面の被覆状態の有無による検討ケースを重ねて示す。これより、堤体内の浸潤線は両者で明らかに差異が認められる。被覆して堤体内の浸潤線を低減した検討ケースは、すべりに対する安全性は高いものの、局所動水勾配値は基準値 0.5 を大きく上回っており、パイピングに対する安全性は明らかに低下傾向にあることが認められる。従って、裏のり面の降雨浸透抑制対策は、すべりに対する安全性の面からは、裏のり尻近傍の浸潤線上昇を抑える高い効果が認められるが、パイピングを助長する可能性が高くなることが認められる。そこで、降雨抑制対策の実施にあたっては、堤体内の浸透水を速やかに排水することを基本に、のり尻近傍の泥濘化防止対策も同時に図ることができるドレーン対策の併用工法が有効であると考えられる。

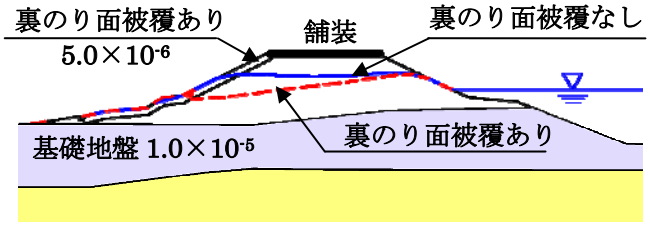

図-6　降雨浸透を抑制する対策工

表-3　浸透流解析結果

基礎地盤	粘性土 水平方向	粘性土 鉛直方向	備　考
裏のり面被覆あり	**0.691**	**0.865**	
裏のり面被覆なし	0.425	0.204	

4．おわりに

河川堤防の降雨浸透による実現象を再現する試みとして、堤体のり面の浸透特性を考慮した浸透に対する安全性評価を行った。その結果、降雨抑制対策は堤体内の浸潤線低減効果が期待できるものの、遮水シート単独ではパイピングを助長する可能性が高いことから、効果と実態を把握するための実験的裏付けが必要である。

参考文献

1)「簡易現場透水試験 GWP 法による河川堤防への新たな提案とその適用性」08.7.10　第 43 回地盤工学会（投稿中）