

河川堤防の浸透安全性評価手法に関する考察

基礎地盤コンサルタンツ(株)中国支社	正会員	○赤坂 幸洋
国土交通省中国地方整備局三次河川国道事務所	正会員	大賀 祥一
基礎地盤コンサルタンツ(株)中国支社	正会員	砂川 伸雄
山口大学大学院	正会員	野村 英雄

1. はじめに

全国の1級河川において精力的に進められてきた河川堤防の浸透に対する安全性評価は、地質調査・浸透流解析・安定計算によって行われている。これはFEMを用いた浸透流解析から水圧分布と浸潤面を求め、パイピングとすべり破壊の危険性を評価するものである。浸透流解析は堤体・基礎地盤の水の流れを高い精度で求めることができるが、その結果は地盤モデルに設定した透水性によって大きく左右される。しかし、地盤内の透水性分布は不均一であることが知られており、地盤モデルの構築には高度の技術的判断が求められる。本論文は適切な地盤モデルの構築手法を確立することを目的に、透水性の設定方法が安全性の評価に与える影響を評価したものである。

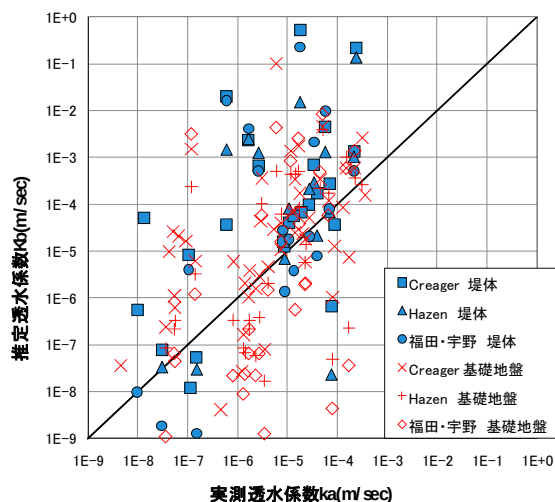


図-1 透水係数の実測値と推定値の比較

2. 透水性の推定方法

地盤の透水係数の測定は、室内透水試験や現場透水試験によって測定される。しかし実務においては乱れの少ない試料採取が不可能である場合や、地下水位が存在しないため原位置試験ができない等の問題に直面することが多く、粒度等の物理特性から透水性を推定する場合が多々ある。そこで透水性を推定するいくつかの方法について、実測値と比較することでその精度を調べた。透水係数の推定方法としてはよく用いられている Hazen 式および Creager 式を用いた。また、間隙比や均等係数等を用いて透水係数を推定する方法として、福田・宇野によって提案された式も合わせて比較した¹⁾。図-1 に室内透水試験によって得られた透水係数と、各式による推定値の比較を示す。また 図-2 に、実測透水係数と推定透水係数の比の平均値と標準偏差を示す。ここで堤体土と基礎地盤土に分類すると、自然堆積した基礎地盤土に較べて、締め固めて造られた堤体土では推定式全体の精度が低いことが分かる。また各式を比較すると、全データの平均では福田・宇野の提案式が最も精度が良く、推定値は実測値に対して 1/10～15 倍程度のバラツキを示す。基礎地盤土については Hazen 式が最も精度が良く、推定値は実測値に対して 1/5～7 倍程度のバラツキを示す。また、図-3 に 1×10^{-6} (m/sec) を境界としてデー

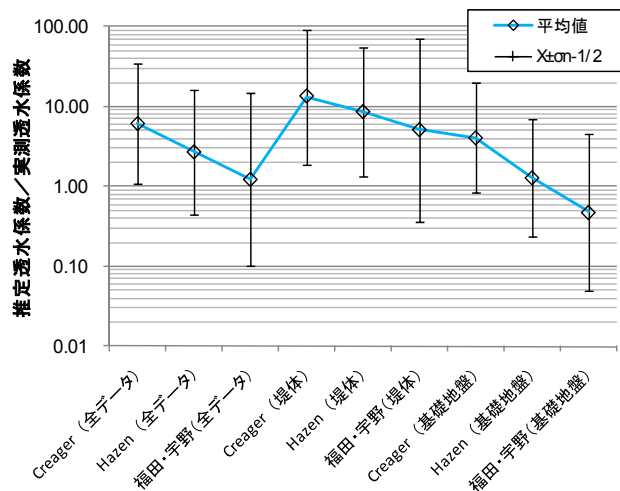


図-2 透水係数推定式の精度とバラツキ

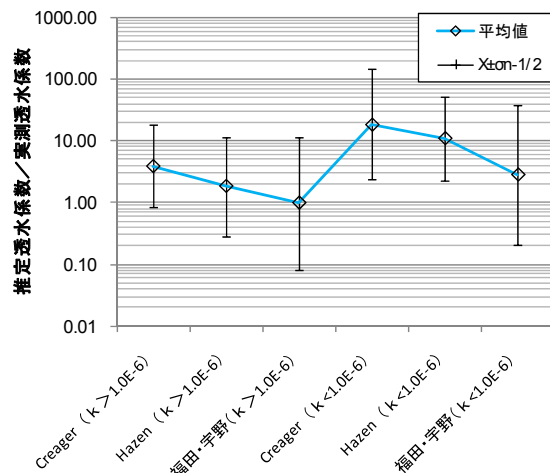


図-3 推定透水係数の平均とバラツキ

タ群を2つに区分分けして、推定透水係数の比較を行った結果を示す。ここではどちらの領域においても福田・宇野式が最も精度が良く、推定値は実測値に対して1/10～12倍程度のバラツキを示す結果となった。

3. 透水係数の採用値が安全性評価に与える影響

地盤の不均一性のため、地盤内で透水係数がバラツクことがよくあり、地盤モデルにおける透水係数の設定は慎重な検討が求められる。一方、安全側の考えから、透水係数の測定最大値を地盤モデルに設定することもよく見られる。そこで実際の堤防調査結果を用い、表-1に示すように透水係数の設定値を変えて、安全性評価への影響を調べた。

図-4に各ケースにおいて最も発達した浸潤面の比較を示す。堤体の透水係数が大きいCASE1, CASE2, CASE4では浸潤面は直線的な形状を示すが、堤体の透水係数が小さいCASE3, CASE5では降雨の影響を強く受け浸潤面は高い位置まで発達し、凹状の形状を示す。図-5に示したすべり安全率の比較ではこの浸潤面の高さの影響のため、透水係数が小さいCASE3, CASE5が他のケースよりも低い安全率を示し、必ずしも大きな透水係数の設定が安全側の結果を与えるものではないことを示している。なお、我々が行った他の堤防モデルにおける検討結果では透水係数を高く設定した方が低い安全率を示すケースもあった。これは浸潤面形状が堤体の大きさや外力波形の影響を受けることが原因であるため、地盤モデルにおける透水性の設定はより慎重に行うことが必要であることが分かる。また、裏法尻のパイピングの危険性を判定する局所動水勾配は、地盤モデルの透水係数の組み合わせで大きく変動する。これは地盤内の水の流れと水圧分布が透水係数の設定によって大きく変化することが原因である。したがって、パイピングの判定についてもすべり安全率と同様に、大きな透水係数の設定が安全側の結果を与えるものではないことを示している。

4. まとめ

本検討の結果、透水係数の推定方法としては福田・宇野式の精度が良いこと、また堤体土の透水係数の推定は基礎地盤土に較べて精度が低くなることが分かった。安全性評価に与える透水係数の設定の影響は、高い透水係数を設定することが安全側の値を与えないケースがあり、慎重な設定を必要とすることが分かった。

5. 参考文献

¹福田光治・宇野尚雄:透水係数に関する粒度分布と間隙指標, 土木学会論文集No. 561/III-38, 193-204, 1997. 3

キーワード 河川堤防, 透水係数, 浸透流解析, 安定解析, 安全率

連絡先 〒731-0135 広島市安佐南区長束4-13-25 基礎地盤コンサルタンツ(株)中国支社 TEL082-238-7227

表-1 透水係数の設定ケース

土層名	透水係数(m/sec)				
	CASE1	CASE2	CASE3	CASE4	CASE5
Bg	1.97E-05	1.81E-04	3.54E-06	1.81E-04	3.54E-06
Bsg	9.49E-06	2.61E-05	1.14E-06	2.61E-05	1.14E-06
Us	6.34E-06	1.65E-04	1.94E-07	1.94E-07	1.65E-04
Ug2	3.37E-04	3.50E-03	1.07E-04	1.07E-04	3.50E-03
Lg	8.68E-04	4.80E-02	4.46E-04	4.46E-04	4.80E-02
透水係数 設定方法	堤体・基礎地盤ともに測定値の平均	堤体・基礎地盤ともに測定最大値	堤体・基礎地盤ともに測定最小値	堤体は最大値・基礎地盤は最小値	堤体は最小値・基礎地盤は最大値

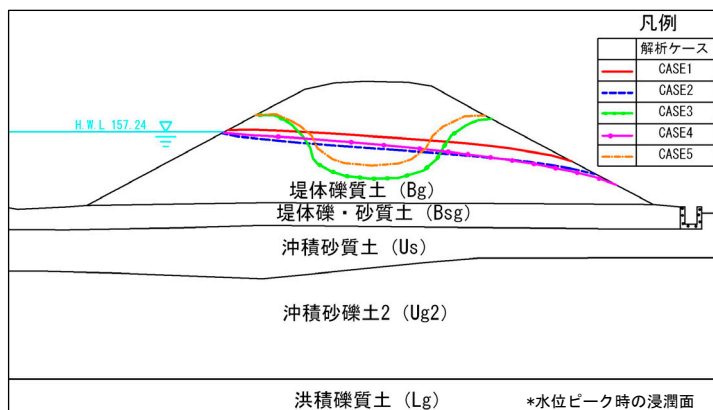


図-4 浸透流解析によって得られた堤体内の浸潤面

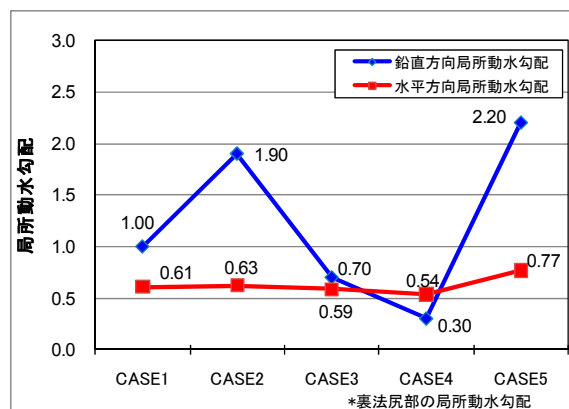
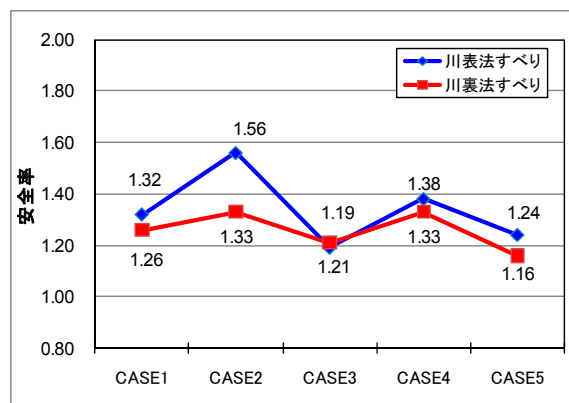


図-5 すべり安全率と局所動水勾配の推移グラフ