

1. まえがき 利根川の洪水を調節するために渡良瀬遊水池に越流堤の築造工事が進められているが、地盤が軟弱なため比較的たわみ性の大きい堤体構造が考えられ、現在の所、浚渫土砂で作られた盛土の表面も不透水性のアスファルトスラブで被覆するいわゆる三面張りの堤防が計画されている。表面と完全に覆えば堤体内に浸透流は生じないはずであるが堤体土と外部と完全に遮断することはむづかしく、河道水位あるいは貯水池水位の変動によって法覆裏面にかんりの揚圧力の発生するおそれがある。当然法覆はこの揚圧力に打勝つような厚さに設計されなければならないわけで、揚圧力の大ききならびに堤体構造に關して検討を行なつた。

2. 法覆と施工した堤防の浸透流

堤体表面が不透水性であっても、堤体が乗っているサントマットや地盤内に介在する砂層などからかなりの浸透水が堤体内へ流入すると考えられるので、図-1に示すような単純化した條件で揚圧力の大きさを検討する。したがって浸

透流はABおよびCDからのみ堤体内へ流入する。計画している越流堤は法面勾配が緩やかなので堤体内の任意の垂直断面の浸透流のポテンシャルは等しいと仮定し、さらに法

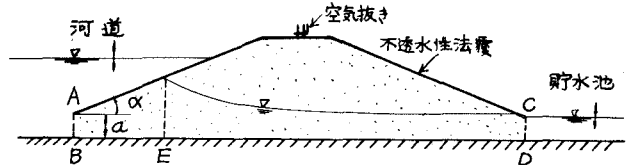


図-1 堤体内の浸透

覆によって堤体内に閉じこめられる空気はないと考える。さて河道および貯水池水位の昇降に応じて堤体内の自由水面も変動するが、図に示すように堤体内の水面が法覆の高さに達するとその断面ではもはや自由水面はなくなる。図のEの位置は移動するが、AEおよびECの2つの領域に分けて浸透流を考えると、AE区間では $h = -\frac{q}{k}h(a + \tan \alpha x) + C$ …… (1)

またEC区間では $\frac{\partial h}{\partial x} = \frac{k}{2\lambda} \frac{\partial^2 h^2}{\partial x^2}$ …… (2) で浸透流の水頭を表わすことができる。

3. 法覆裏面に発生する揚圧力に対して必要な法覆の厚さ

法覆裏面に揚圧力が作用すると法覆の有効接地圧が減少し、法覆と堤体土間の摩擦抵抗が減少する。そして法覆の重力の斜面方向の分力は次第に法覆の断面応力に変換していく。法覆の微小部分の力の釣合を考え、法覆の表面は外水の水頭と、裏面は外く浸透流の水頭との差Hと法覆の厚さbとの関係と計算すると、まず法覆の微小部分が斜面上で滑り出す条件は $H > b \frac{\gamma_a}{\gamma_w} \cos \alpha (1 - \frac{\tan \alpha}{\tan \phi})$ …… (3) また浮き上る条件は $H > \frac{\gamma_a}{\gamma_w} b \cos \alpha$ …… (4) となる。普通(4)式の条件が成り立たないよう法覆の厚さを決定しなければならない。

4. 浸透流の計算結果

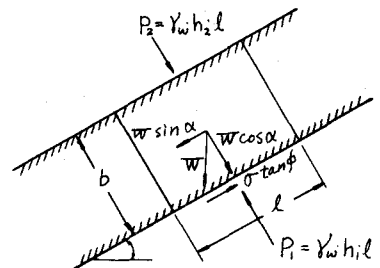


図-2 法覆の微小部分の力の釣合

計算は先に示した式を用い、数値解法を適用する。外水位の変動が起る以前の堤体内の自由水面の位置すなわち初期値はBDと結ぶ面と仮定する。したがって初めは自由水面は堤体全幅にわたって存在し、AE区間は存在しないので(2)式で計算を行なう。数値計算は x - z 平面を考へ式中の微分係数を有限階差に置き換へた階差方程式を用いる。外水位の変動に応じて堤体内の自由水面が上昇すると、AE区間が現れるのでこの部分の計算には(1)式と適用して逐次計算を進める。計算には計画洪水のときの水位曲線と適用し、堤体各部の浸透流の水頭変化を求めた。計算結果の1例を図-3に示したがこれは法覆の表面と裏面における水頭の差が洪水期間中どのように変化するかを示したもので、洪水末期に揚圧力の生じることがわかる。なお堤体材料の有効固ゲキ率入は実験装置と製作し、測定したバエーに使用する砂では大抵0.2を示した。したがって図に示す $\frac{k}{\alpha} = 3.6 \text{ m/hr}$ は $k = 2 \times 10^{-2} \text{ cm/sec}$ に対応することになる。また $\frac{k}{\alpha}$ にいろいろの値と与えて計算したときの法面の各部に生く揚圧力の最大値と水頭で示したのが図-4である。

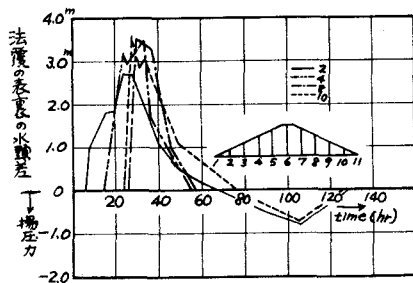


図-3 計算結果の1例($\frac{k}{\alpha} = 3.6 \text{ m/hr}$)

5. 砂模型による浸透実験

計算結果の妥当性と調べる

ため、越流堤の天端の空気抜きの有無が揚圧力にどのような影響を持つかを検討するため大型水槽中に実際の $\frac{1}{9.5}$ の模型と作成して透水実験を行なった。

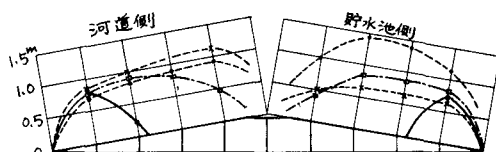
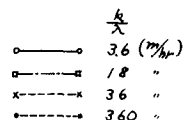


図-4 法覆に生く $(h_1 - h_2)$ の最大値の分布

実験に用いた材料は現地の砂で透水係数は $2 \times 10^{-2} \text{ cm/sec}$ より多少小さいものであったが、法覆裏面に発生する揚圧力は先に示した $\frac{k}{\alpha} = 3.6 \text{ m/hr}$ を代入した計算結果とほぼ類似した値を示した。また天端に空気板と設けた場合と設



けない場合の比較を図-5に示したが、空気抜きがないと法覆の各部にかなり大きな揚圧力が生くことがわかり、これは反し空気を抜くと揚圧

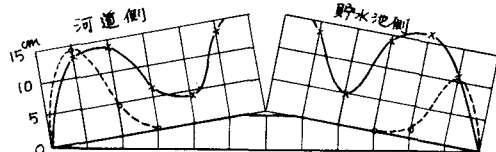


図-5 法覆に生く揚圧力の分布(模型実験の結果)

の発生は法尻付近にのみ限られることが知られる。

6. まとめ 越流堤築造に使用する没源土砂の透水係数は実測によると $10^{-3} \sim 10^{-2} \text{ cm/sec}$ 程度であるから、計算結果ならびに実験結果より堤体法尻付近に発生する揚圧力は水頭に直して約80cm程度になることが予想される。したがって(4)式から必要なアスファルトスラグの厚さは40cm以上となり、また堤体の安定性を保つためには空気板の設置は必要である。さらに堤体内部へ水が浸入するのを防止するため堤体法尻の地盤に止水壁と設けること、ならびに堤体内部へ浸入した水と速やかに排水するためのドレーンと法尻付近に設置することは揚圧力の上昇を防ぐため有効な手段と考えられる。