

# 地基土与现浇混凝土压板的滑动特性

周君亮

(江苏省水利厅, 江苏 南京 210029)

**摘要:** 根据库伦公式确定地基土特征压应力  $\sigma_{\max}$  和地基土极限滑动剪切摩擦系数  $tg\psi_{\max}$ 。改进基坑小型压板试验外荷载地基土强度  $\sigma_{imax}$  和滑动剪切摩擦系数  $tg\psi_{imax}$ , 在  $\sigma_{imax}$  和  $tg\psi_{imax}$  中具有位移和滑动两部分作用, 研究滑动占有 1/4 值。根据  $tg\psi_{imax}$  和  $tg\psi_{\max}$  的大小比较, 确定地基土和底板滑动形式和滑动安全系数。据此核对 1968 年三河闸加固设计成果。

**关键词:** 室内土样滑动剪切试验; 地基土; 摩擦系数; 滑动安全系数

中图分类号: TV43

文献标识码: A

文章编号: 1007-7839 (2018) 04-0001-07

## Sliding characteristics of foundation soil and cast-in-place concrete press plate

ZHOU Junliang

(Water Resources Department of Jiangsu Province, Nanjing 210029, Jiangsu)

**Abstract:** According to the coulomb formula, the characteristics stress  $\sigma_{\max}$  and the friction coefficient of the ultimate sliding shear  $tg\psi_{\max}$  of foundation soil were determined. In order to improve the strength  $\sigma_{imax}$  and sliding shear friction coefficient  $tg\psi_{imax}$  of foundation load, the external load and the sliding shear friction coefficient were improved, and two part functions of displacement and sliding were taken into account, so as to study the slides accounted for a quarter of the value. The sliding form and sliding safety factor of foundation soil and bottom plate were determined according to the comparison of the size of  $tg\psi_{imax}$  and  $tg\psi_{\max}$ . The reinforcement design results of the Sanhe Sluice in 1968 were checked.

**Key words:** sliding shear test of indoor soil samples; foundation soil; friction coefficient; sliding safety factor

1954 年淮河发生大洪水, 洪泽湖最高洪水位达  $\nabla 15.40$  m。1953 年建成灌溉引水  $800 \text{ m}^3/\text{s}$  的高良涧进水闸发生抗洪的水位差比原设计大, 滑动不安全, 应付临时搬运钢轨压重闸身。该闸在 1955 年和 1958 年进行 2 次加固底板, 未能完成。淮委重新规划洪泽湖洪水位原设计  $\nabla 16$  m 不变, 三河闸泄洪水  $8000 \text{ m}^3/\text{s}$  改为原设计  $12000 \text{ m}^3/\text{s}$ , 洪泽湖泄淮河洪水提高到  $16600 \text{ m}^3/\text{s}$ , 下游入江水道水位仍由高邮湖  $\nabla 8.5$  m 控制, 可以降低三河闸泄洪水位差。洪泽湖冬春季蓄水位  $\nabla 12.5$  m 提高

到原定  $\nabla 13.5$  m。当时苏联专家布可夫认为挡洪水位稳定计算采用的地基土滑动摩擦系数 0.33 太大, 如此重要的工程只能用 0.20。因三河闸、高良涧进水闸闸身用  $\pi$  型弧形闸门, 闸底板上游与闸墩分开的门墩支承闸门水压力, 要直接在闸底板上加重量才能增加挡洪水位稳定。研究加固闸身要建施工围堰和增加闸底板承受闸门水压拉力的钢筋都很困难。为此, 20 世纪 50 年代开始研究地基土与现浇混凝土底板承受偏心竖向荷载和横向荷载联合作用的位移和滑动特性, 利用小型压

收稿日期: 2018-02-05

作者简介: 周君亮 (1925-), 男, 中国工程设计大师, 中国工程院院士, 水利部科技委顾问, 江苏省水利厅科技委顾问, 淮河水利委员会科技委顾问。

板(简称压板)试验成果,浇筑在地基土上水工建筑物的位移和滑动设计。

## 1 水工建筑物底板与地基土的滑动形式

(1) 采用平面底板的目的是研究和测定地基土与底板之间的位移和滑动工况、及其滑动剪切摩擦系数。根据底板上作用的竖向外荷载  $\Sigma W_i$  和相应横向外荷载  $\Sigma h_i$  造成底板与地基土 3 种位移和滑动形式,如图 1 所示。

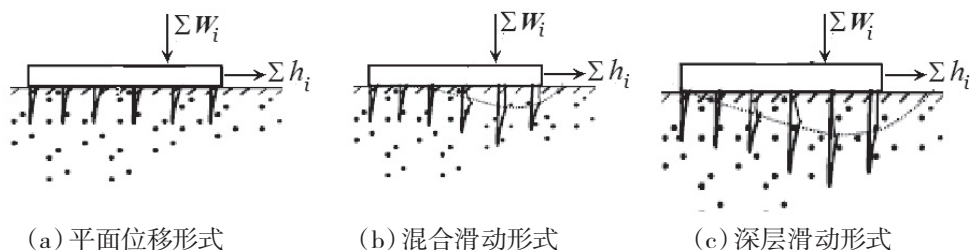


图 1 压板滑动形式

(2) 现浇混凝土底板底面与地基土接触面的摩擦系数  $f$  一般是大于地基土内的摩擦系数,底板与地基土间滑动沿地基土内面滑动,发生地基土的特征压应力  $\sigma_{\max}$  的极限不滑动剪切特征摩擦系数  $tg\psi_{\max}$ ,采用制作的混凝土压板,外荷载压应力作用在压板上,以推动压板测定,测定地基土的极限滑动剪切摩擦系数  $tg\psi_{\max}$ 。如果底板底面与地基土接触面的摩擦系数  $f$  小于地基土的滑动剪切摩擦系数,底板将先在地基土上滑动,测定摩擦系数  $f$ 。

在竖向压应力和横向拉应力共同作用下,底板与地基土发生横向位移,位移发生在底板底面接触地基土的内平面内,在地基土深处位移逐渐消失,地基土颗粒的位移与该点的剪切应力大小适应。当底板承担外荷载的极限滑动剪切摩擦系数  $tg\psi_{i\max} = \frac{\Sigma W_i}{\Sigma h_i}$ ,不超过地基土的室极限不滑动剪切摩擦系数  $tg\psi_{\max} = \frac{\Sigma W}{\Sigma h}$  时,底板不发生滑动。称为底板与地基土平面位移。如图 1(a) 所示。

当底板在竖向外荷载压应力和横向外荷载横向移动推力作用下,当底板承担的  $tg\psi_{i\max} = \frac{\Sigma W_i}{\Sigma h_i}$  超过  $tg\psi_{\max} = \frac{\Sigma W}{\Sigma h}$  时,底板发生滑动。沿底板地基土内

面分成两段,一段底板后部分沿底面以下地基土内发生水平位移;一段底板前趾部分沿底面以下地基土内发生曲面滑动,使底板外土体被挤出,隆起在底板之外,称为局部滑动,如图 1(b) 所示。

(3) 当底板在竖向外荷载压应力和更大横向移动推力作用下,底板承担更大外荷载的

动。沿底板地基土内面包围在底板下地基土土体以某种曲面一并发生滑动,使底板外土体被挤出,隆起在底板之外,称深层滑动形式,如图 1(c) 所示。

## 2 小型压板基坑滑动剪切试验与室内土样滑动剪切试验比较,改进滑动承载能力计算

(1) 室内剪切试验所取地基土土样不是基坑发生回弹再压缩的下卧土体,没有计入基坑开挖回弹再压缩减少压应力,减小滑动剪切强度,在公式中  $\tau_{\max}$  不计入基坑土体开挖回弹再压缩减小压应力,在特征压应力  $\sigma_{\max}$  预压试验土样的滑动剪切压应力强度  $\tau_{\max}$ ,  $tg\varphi_{\max}$  和  $c_{\max}$  是一致相同。

(2) 基坑小型压板剪切试验是基坑土体在工程建设逐步开挖减重各点压应力  $\sigma_{i\max} \sim \sigma_0$  减小,是地基土在建筑物不同压应力的承载滑动能力试验。

(3) 地基土土样室内滑动剪切试验过程,压缩应力减小部分传到土样含水量成负压,土样结构强度未减少,未减少部分成为超固结土体剪切强度峰值,此峰值在压缩应力变化时消失,土样回弹,含水量孔隙比增大。建筑物实际运行中是这种情况,不能利用此峰值。如图 2 所示。

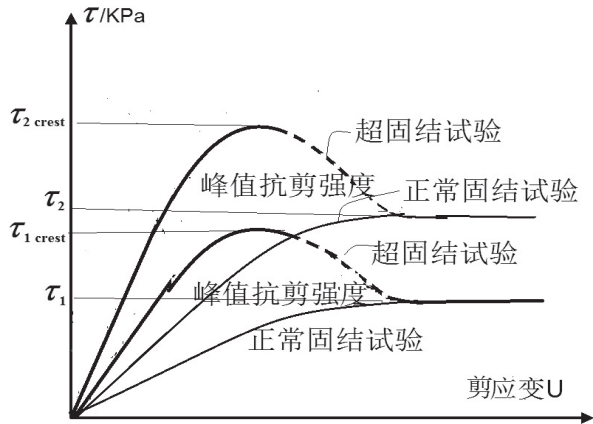


图2 超固结快剪试验峰值滑动强度与剪应变关系

(4) 粘性地基土极限滑动剪切强度的组成:

①凝聚力  $c_{\max}$  数值随压应力减小变化很大, 即凝聚力利用系数  $k_c = c_{\max}/\sigma_{\max}$  随压应力减小变化很大; ②内摩擦利用系数  $k_\phi$  数值随压应力  $\sigma_{\max}$  增加和  $\lg \phi_{i\max}$  微有增大。

基坑小型压板外荷载滑动剪切试验地基土承载力成曲线, 表示如式(1):

$$\text{粘土: } \tau_{i\max} = \sigma_{i\max} \frac{\lg \phi_{i\max}}{k_\phi} + \frac{c_{i\max}}{k_c} \quad (1)$$

$$\text{沙土: } \tau_{i\max} = \sigma_{i\max} \frac{\lg \phi_{i\max}}{k_\phi}$$

(5) 地基土细部结构很复杂, 仅从力学特性简化, 地基土含水量孔隙比约在 0.4 ~ 0.7 范围, 土体极限滑动剪切强度与它承受的压应力可简化成一定比例, 如图3所示。

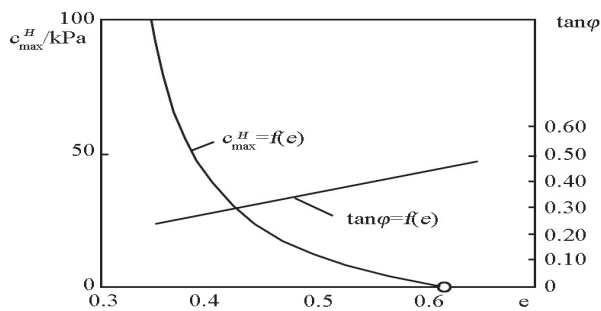


图3 黏土试验孔隙比与极限凝聚力和内摩擦系数的关系

地基土摩擦力利用系数取  $k_\phi = \lg \phi_{\max} / \lg \phi_{\max} \approx 1$ , 和凝聚力利用系数  $k_c = c_{\max} / c_{\max} = \text{常数}$ 。将地基土滑动承载能力简化成直线, 成滑动承载能力包线。表示如式(2):

$$\text{粘土: } \tau_{\max} = \sigma_{\max} \lg \phi_{\max} + \frac{c_{\max}}{k_c} \quad (2)$$

$$\text{沙土: } \tau_{\max} = \sigma_{\max} \lg \phi_{\max}$$

(6) 小型压板试验  $\sigma_{\max}$  降压, 如图4中, b点取土样回弹再按  $\sigma_{\max}$  压缩, 使剪切强度同小型压板试验  $\sigma_{\max}$  降压, 又成  $\lg \phi_{\max}$  随  $\sigma_{\max}$  和  $k_\phi$  减小。b点按库伦公式绘直线表示极限滑动剪切承载能力, 依直线随压降绘制滑动剪切曲线, 再从曲线  $k_\phi=1.0$  简化绘制直线表示粘性地基土滑动剪切包线。

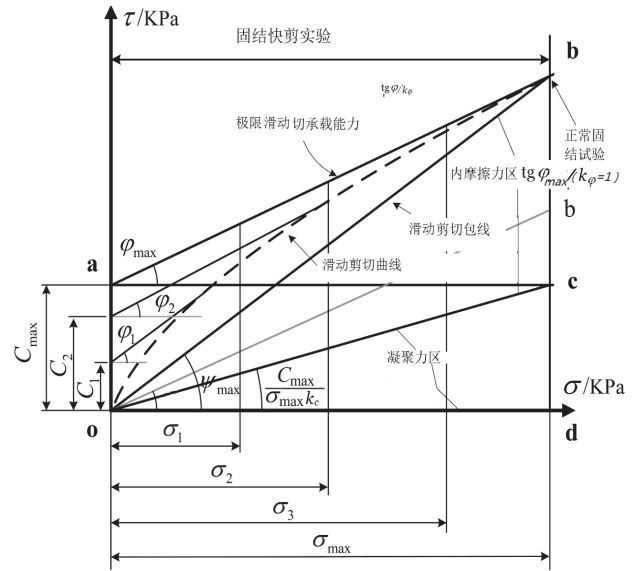


图4 粘性地基土极限不滑动承载能力包线

(7) 地基土特征压应力预压室内试验滑动剪切强度包线, 得地基土滑动剪切摩擦系数, 如式(3)所示。

$$\text{粘土 } \lg \psi_{\max} = \lg \phi_{\max} + \frac{c_{\max}}{k_c \sigma_{\max}} = \frac{\sum W}{\sum h} \quad (3)$$

$$\text{沙土 } \lg \psi_{\max} = \lg \phi_{\max} + \frac{\sum W}{\sum h}$$

### 3 地基土滑动的计算方法

(1) 底板前趾和后趾在外荷载地基土压应力

为:  $\frac{\sigma_{i\max}}{\sigma_{i\min}} = \frac{\sum W_i}{bL} (1 \pm \frac{6e}{b})$ , 其外荷载滑动指标比例

$$\text{为 } \frac{\sigma_{i\max}}{h_{i\max}} = \frac{\sigma_{i\max}}{\sum h_i} = \frac{\sum W_i}{\sum h_i}。$$

(2) 底板地基土在开始滑动点的水平推力是外荷载在地基土的开始水平推应力自 ( $h_{ci}=0$ )  $\rightarrow h_{i\max}$  变幅, 由式(4)计算:

$$\text{粘性土 } h_{ci} = \frac{\sigma_{i \max}}{tg \psi_{i \max}} \left( \frac{i \max}{h_i \max} - tg \psi_{\max} \right) \quad (4)$$

$$\text{沙土 } h_{ci} = \frac{\sigma_{i \max}}{tg \phi_{i \max}} \left( \frac{\sigma_{i \max}}{h_i \max} - tg \phi_{\max} \right)$$

滑动水平推应力幅度  $h_{ci}$ , 即  $h_{ci}$  与  $h_{\max}$  的差数, 压应力  $\sigma_{ci}$  由式(5)计算:

$$\sigma_{ci} = h_{ci} tg \phi_{i \max} \quad (5)$$

#### 4 地基土滑动计算公式

(1) 地基土为散体结构, 底板在地基土上竖向外荷载  $\Sigma W_i$  与横向外荷载  $\Sigma h_i$  合成地基土上各  $i$  点外荷载的滑动指标比例  $\frac{\sigma_{i \max}}{h_i \max}$ , 组成剪切摩擦系数为  $tg \psi_{i \max}$ , 其中滑动剪切摩擦系数:

$$\begin{aligned} \text{滑动 } tg \psi_{i \max} &= \frac{1}{2} \left\{ \frac{1}{2} \left[ \frac{\sigma_{i \max}}{h_i \max} \pm \left( \frac{\sigma_{ci}}{h_{ci}} = 0 \right) \right] + \left( \frac{\sigma_{i \min}}{h_{i \min}} = 0 \right) \right\} \\ &= \frac{1}{4} tg \psi_{i \max} \end{aligned} \quad (6)$$

(2) 利用小型压板试验, 在地基土滑动安全系数  $k_c$  增加到  $k_c=1.35$  时, 将习惯法推广到设计外荷载地基土滑动摩擦系数取为:

$$\text{滑动 } tg \psi_{i \max} = \frac{0.333 \Sigma W_i}{1.35 \Sigma h_i} = \frac{1}{4} tg \psi_{i \max}, \text{ 与式(6)相同。}$$

(3) 上述公式(4)计算滑动水平推应力幅度  $\pm h_{ci}$  占底板长度  $b$  的  $\pm h_{ci}/b$ , 证实外荷载作用的地基土滑动摩擦系数有或无滑动幅度, 从位移开始, 经混合滑动到深层滑动, 与公式(6)一致。

(4) 图5、图6表明地基土的滑动极限摩擦系数占  $\frac{1}{4} tg \psi_{i \max}$  值不变动, 值随  $\sigma_{ci}$  幅度改变, 成为增加或减少的地基土滑动摩擦系数份值。按公式(7)、公式(8)、公式(9)计算滑动安全系数。

(5) 底板为整体结构, 外荷载作用底板滑动从前趾到后距滑动的摩擦系数与地基土的相同, 为: 滑动  $tg \psi_{i \max} = \frac{1}{4} tg \psi_{i \max}$ 。

(6) 底板在外荷载作用在前趾压应力  $\sigma_{i \max}$  与地基土的特征压应力  $\sigma_{\max}$  关系有3种, 即  $\sigma_{i \max} > \sigma_{\max}$ ,  $\sigma_{i \max} = \sigma_{\max}$ ,  $\sigma_{i \max} < \sigma_{\max}$ 。外荷载所得  $tg_{i \max} = \frac{\sigma_{i \max}}{h_i \max}$  与地基土试验所得  $tg \psi_{\max} = \frac{\sigma_{\max}}{h_{\max}}$ , 两者比较获得滑动安全系数。

(7) 压板外荷载在前趾地基土的压力  $\sigma_{i \max} \leq \sigma_{\max}$  地基土原压力土样室内试验指标压应力, 及地基土的  $h_{i \max} \leq h_{\max}$ , 如图5所示。

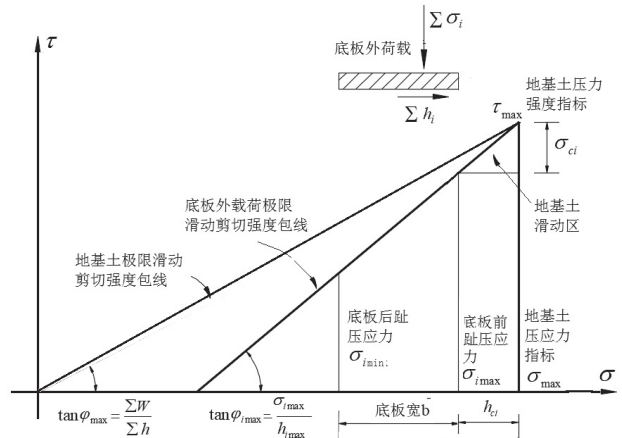


图5 地基土和地板外荷载极限滑动剪切强度包线比较

(8) 压板外荷载在前趾地基土的压力  $(\sigma_{i \max} - \sigma_{ci}) = \sigma_{\max}$ ,  $\sigma_{\max}$  为地基土原压力土样室内试验指标压应力, 地基土的  $(h_{i \max} - h_{ci}) = h_{\max}$ , 如图6所示。

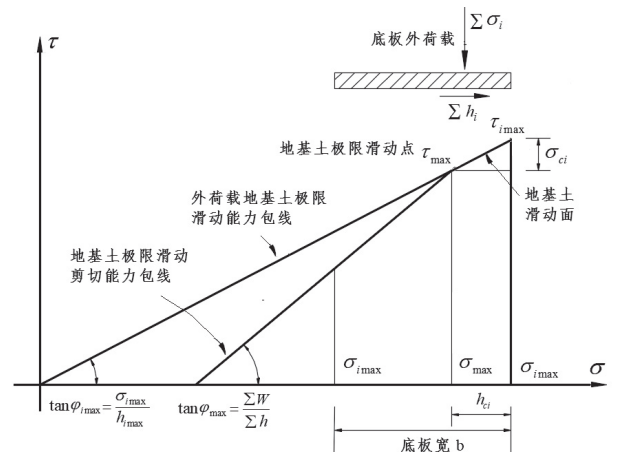


图6 地基土和地板外荷载极限滑动剪切强度包线比较

#### 5 地基土稳定滑动安全系数

(1) 如底板前趾外荷载地基土压应力  $\sigma_{i \max} < \sigma_{\max}$ ,  $\sigma_{\max}$  为地基土指标压应力。地基土的  $(\sigma_{i \max} + \sigma_{ci}) = \sigma_{\max}$ ,  $(h_{i \max} + h_{ci}) = h_{\max}$ ,  $tg \psi_{i \max} < tg \psi_{\max}$ 。地基土滑动安全系数为:

$$k_c = k_s = (\text{滑动 } tg \psi_{i \max} = \frac{1}{4} tg \psi_{i \max}) / tg \psi_{\max} > 1.0 \quad (7)$$

地基土滑动安全系数  $k_c = (1 \pm \frac{\sigma_{ci}}{\sigma_{\max}})$ , 地基土

和底板位移相同, 不滑动。



(2) 如底板前趾外荷载地基土压应力  $\sigma_{imax} = \sigma_{max}$ , 地基土的  $[\sigma_{imax} + (\sigma_{ci}=0)] = \sigma_{max}$ ,  $[h_{imax} + (h_{max}=0)] = h_{max}$ ,  $tg\psi_{imax} = tg\psi_{max}$ 。地基土滑动安全系数为:

$$k_c = k_s = (\text{滑动 } tg\psi_{imax} = \frac{1}{4} tg\psi_{imax}) / tg\psi_{max} = 1.0 \quad (8)$$

地基土和底板位移相同, 不滑动。

(3) 如底板前趾外荷载地基土压应力  $\sigma_{imax} > \sigma_{max}$ ,  $\sigma_{imax} - \sigma_{ci} = \sigma_{max}$ ,  $(h_{imax} - h_{ci}) = h_{max}$ ,  $tg\psi_{imax} > tg\psi_{max}$ 。地基土滑动安全系数:

$$k_c = k_s = (\text{滑动 } tg\psi_{imax} = \frac{1}{4} tg\psi_{imax}) / tg\psi_{max} < 1.0 \quad (9)$$

地基土和底板有位移加滑动。

(4) 底板为整体结构, 滑动为整体形式。地基土为散体结构, 滑动为混合发展到深层形式, 地基土与底板滑动安全系数相同。

## 6 地基土滑动形式

基于地基土受拉强度为零, 滑动剪应力不能传递, 但剪应力造成土体挤压的压缩变形传递, 形成土体滑动。由于底板与地基土接触面在外荷载极限滑动剪切摩擦系数  $\frac{\sigma_i}{h_i} = tg\psi_{imax}$  大于地基土的  $tg\psi_{max}$  时, 地基土滑动, 使外荷载最大位移面移入滑动土体内, 形成混合或深层滑动形式。①如地基土在水浮重  $\gamma = 1.0 \text{ t/m}^3$  时, 地基土滑动推力深入地下  $h = \tau_{ci}/\gamma$ 。前趾地基土位移后部分滑动外推土体从  $\sigma_{ci}=0/h_{ci}=0$  到  $\sigma_{ci}/h_{ci}$  为三角棱体; ②总推力  $\Sigma\tau = [\tau_{ci}(b/2)h]/3$ ; ③三角棱体总推力推动底板前趾以外土体宽  $L = \Sigma\tau_{ci}(h/2)/10$ ; ④根据底板外荷载作用地基土在某  $i$  点的极限滑动指标  $\frac{\sigma_i}{h_i}$  大于该点的地基土  $\frac{\sigma_i}{h_i}$  的土体滑动, 等于或小于该点土体不滑动, 得到土体滑动区。地基土滑动轮廓区如图7所示。

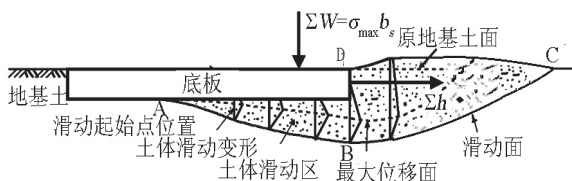


图7 地基土滑动轮廓区

图7中,  $K_{cA} = K_{cB} = K_{cC} = 1$  以上为滑动区, 点A:

$\sigma_{ci}=0$ , A点开始滑动。点B:  $\sigma_B = \sigma_{imax} - \sigma_{ci}$ , 为主动滑动区。

基于地基土受拉强度为零, 滑动剪应力不能传递, 但剪应力造成土体挤压的压缩变形传递, 形成土体滑动。由于底板与地基土接触面在外荷载  $\frac{\sigma_i}{h_i}$  大于地基土  $tg\psi$  时, 地基土滑动, 使最大位移面移入滑动土体内, 形成混合或深层滑动形式。

## 7 1967年三河闸加固资料和计算成果

(1) 根据原位钻探土样的室内快剪试验。1967年江苏省治淮指挥部提出为三河闸加固设计, 地基土质钻探和压板试验资料见表1, 试验位置在闸下游南岸高程▽16 m处。

(2) 压板试验。在钻探取土样室内剪切试验位置作压板试验, 压板在某一垂直荷重作用下在3 min内发生滑移小于0.10 mm, 视作稳定。试验成果见表2。

(3) 经三河闸地基土小型压板试验的凝聚力只有  $22 \text{ t/m}^2$ , 为土样室内剪切试验的  $1/2.86$ , 即  $k_{ci} = c_{imax}/c_{max} = 2.86$ ,  $\sigma_{max} = \tau_{max}/tg\psi_{max} \approx 156 \text{ kPa}$ ,  $k_\phi \approx 1$ 。计算得极限滑动剪切系数  $tg\psi = 0.545$ 。

(4) 1984年《水闸设计规范 SDJ133-84》规定设计滑动稳定安全系数设计  $[k_s] = [k_c] = 1.35$ , 校核1.25。要求外荷载地基土滑动安全系数值满足设计安全系数值。

## 8 三河闸加固设计书的计算成果

三河闸加固设计的计算成果见表3、表4。

## 9 在有关发表论文中选定滑动摩擦系数和滑动安全系数的错误

(1) 习惯法设计荷载地基土滑动摩擦系数取  $tg\psi_{max} = \frac{1}{3} \frac{\Sigma W}{\Sigma h}$ , 再要求地基土滑动安全系数  $k_c$  增加到  $k_c = 1.35$ , 得滑动摩擦系数  $tg\psi_{max} = \frac{0.333 \Sigma W}{1.35 \Sigma h} = \frac{0.25 \Sigma W}{\Sigma h}$ 。由地基土荷载滑动阻力  $0.25 tg\psi_{max} \Sigma W$  称为特征压应力  $\sigma_{max}$  与作为滑动力  $\Sigma h$  比较, 在地基土荷载的滑动安全系数值  $k_c = \frac{0.25 tg\psi_{max} \Sigma W}{\Sigma h}$

表 1 1967 年三河闸加固地基土钻探快剪试验成果

地基土样 取土高程	天然水 量 %	天然容重 g/cm <sup>3</sup>	天然孔 隙比	饱和度 %	稠性指数			抗剪强度		
					流限 W <sub>T</sub>	塑限 W <sub>P</sub>	塑性指 数 I <sub>p</sub>	试验 方法	凝聚力 c <sup>H</sup> /t/m <sup>2</sup>	内摩擦 角 φ <sup>H</sup>
闸基土钻探取样 ▽ 6.0 ~ 5.5	22.6.	2.03	0.71	95	43.6	24.2	19.4	快剪	82	23 <sup>0</sup>
试验场开挖前钻探 取样▽ 8.6 ~ 6.4	22.4	2.03	0.65	94.5	47.2	25.9	21.3	快剪	63	23 <sup>0</sup>
试验场开挖后环刀 取样▽ 7.3 ~ 7.2	24.4	1.99	0.71	95	47.2	25.9	21.3	固快	50	23 <sup>0</sup>
试验方法为直接快剪。										

表 2 1967 年在钻探场地压板摩擦试验成果

特性指标试验值	c <sup>H</sup> <sub>max</sub> t/m <sup>2</sup>	φ <sup>H</sup> <sub>max</sub>	说明
第 1 组 0.2×0.2×0.3–12 块	15	22°	1、小荷载 10 ~ 20 kPa, c <sup>H</sup> <sub>max</sub> 偏小, φ <sup>H</sup> <sub>max</sub> 偏大; 大荷载时地基土表面压坏, 底板底面成地基土内滑动。采用荷载 30 ~ 60 kg/cm <sup>2</sup> , 成果稳定。1967 年试验时的 σ <sub>np</sub> 约 150 kPa。 2、水闸一般 σ <sub>max</sub> ≤ 100 ~ 120 kPa, 有偏心时试验中要以最大压力 σ <sub>max</sub> 试验, 找出极限抗剪强度, 保证为第一种滑动形式。 3、0.2×0.2 面积太小, 易产生偏心, 成果不定。 4、少数试块周围浸泡水, 虽没有发生渗流但浸泡水试验要比不浸泡水的小 2°。 5、考虑浸泡水, 取 c <sub>max</sub> =21 t/m <sup>2</sup> , φ <sub>max</sub> =21°。
第 2 组 0.5×0.5 × 0.4–30 块	23	23°	
第 3 组 0.71 × 0.71 × 0.4–24 块	20	23°	
第 4 组 1.0 × 1.0 × 0.4–24 块	23	23°	
算术平均值 (2、3、4 组)	22	23°	
特性指标计算值	c <sup>H</sup> <sub>max</sub> t/m <sup>2</sup>	φ <sub>1</sub>	
平均值	21	23°	
最小平均值	21	21°	

表 3 三河闸加固设计书的计算成果

工 况	原设计工况				原计算成果			
	H <sub>上</sub> /m	H <sub>下</sub> /m	浪高 /m	泄洪 / ( m <sup>3</sup> · s <sup>-1</sup> )	σ <sub>imax</sub> t/m <sup>2</sup>	σ <sub>iman</sub> t/m <sup>2</sup>	ΣW/t/m <sup>2</sup>	Wh/t/m <sup>2</sup>
1	13.5+ 涌高	7.50	2.10	关门	40.7	39.1	24 020	11 391
2	16.00	12.90	2.50 门顶漫浪	12000 控泄 8000	64.5	16.1	24 080	11 080
3	17	13.6	2.50 门顶漫浪	12000 控泄 10000	72.0	7.0	23605	14290

表 4 三河闸加固设计按小型压板试验计算成果

工 况	剪切滑动参数						地基土和底板滑动安全系数	
	c <sup>H</sup> <sub>max</sub>	φ°	k <sub>c</sub>	k <sub>φ</sub>	tgψ <sub>max</sub>	tgψ <sub>imax</sub>	k <sub>c</sub>	k <sub>s</sub>
1	63	22	2.86	1	0.545	2.11;	0.97	0.97
2	63	22	2.86	1	0.545	2.17	1.00	1.00
3	63	22	286	1	0.545	1.65	0.76	0.76

=1.0 时, 得极限滑动剪切摩擦系数  $tg\psi_{\max} = \frac{1}{4} \frac{\sum W}{\sum h}$ 。

在利用小型压板试验, 将习惯法推广到设计外荷载, 由外荷载滑动阻力  $0.25tg\psi_{\max}\sum W$  与滑动力  $\sum h$  比较, 在地基土外荷载滑动安全系数  $K_c=1.0$ , 得地基土外荷载相当在特征压应力  $\sigma_{\max}$  滑动摩擦系数为  $tg\psi_{\max} = \frac{1}{4} \frac{\sum W}{\sum h}$ , 而在  $tg\psi_{i\max} = \frac{\sum W_i}{\sum h_i}$  得位移和滑动剪切摩擦系数。

(2) 1968 年三河闸加固设计, 经室内土样剪切摩擦试验和小型压板试验成果改进, 将地基土滑动计算方法取用外荷载  $\frac{1}{4}tg\psi_{i\max}$  作为滑动摩擦系数, 与地基土滑动摩擦系数  $tg\psi_{\max}=0.545$  比较。经研究确定: ①地基土为散体结构, 根据外荷载滑动指标比例  $\frac{\sigma_{i\max}}{h_i} = \frac{\sum W_i}{\sum h_i}$ , 建立地基土滑动计算公式; ②基于地基土受拉强度为零, 滑动剪应力不能传递, 但剪应力造成土体挤压的压缩变形传递, 建立地基土体滑动形式计算方法; ③因基坑开挖, 在外荷载压应力下的滑动摩擦系数降低, 计算值取为  $tg\psi_{i\max} = \frac{tg\varphi_{\max}}{k_\varphi} + \frac{c_{i\max}}{k_c\sigma_{i\max}}$ , 实测三河闸小型压板试验  $k_c = \tau_{i\max}^H / \tau_{i\max} = 2.86$ ,  $k_\varphi$  随  $\sigma_{i\max}$  和  $tg\psi_{i\max}$  增大稍有增大; ④证实处在滑动临界的滑动安全系数  $k_c=1.0$ , 地基土外荷载滑动摩擦系数  $\frac{1}{4}tg\psi_{i\max}$  等于地基土滑动摩擦系数  $tg\psi_{\max}$  值; ⑤为此取外荷载滑动摩擦系数  $\frac{1}{4}tg\psi_{i\max}$  与地基土滑动摩擦系数  $tg\psi_{\max}$  比较, 确定地基土滑动安全系数; ⑥外荷载地基土按  $\frac{1}{4}tg\psi_{i\max}$  作为滑动摩擦系数, 与习惯法外荷载地基土不滑动摩擦系数比较, 计算滑动安全系数, 两者计算值相同。

(3) 从归档三河闸加固计算书开始, 将黏性地基土外荷载竖向压力所作的滑动阻力与外荷载横向力比较, 作为黏性土平面滑动安全计算公式

$$K_c = \frac{tg\varphi_{i\max}\sum W_{i\max} + \frac{c_{i\max}}{k} \times A}{\sum h_{i\max}}, \text{取全部凝聚力平均}$$

为  $\frac{c_{i\max}}{\sigma_{cp}} = \frac{c_{i\max}}{2}$ , 即  $k=2$ 。

(4) 1968 年三河闸加固原设计书没有归档, 归档计算书是按公式计算。此公式错误有: ①计算是确定外荷载自身是否形成滑动, 不与地基土剪切滑动试验的滑动特征摩擦系数  $tg\psi_{\max}$  比较, 与习惯法同为没有安全比较的计算公式。②滑动的安全系数该公式取同苏联设计规范, 利用全部外荷载造成地基土的全部凝聚力  $\frac{c_{i\max}}{2}A$  值, 否定 1925 年苏联 H.П. 布孜列夫斯基从库伦公式

正确导出粘性土样在外荷载压应力下的滑动剪切系数降低的计算值  $tg\psi_{i\max} = tg\varphi_\varphi + \frac{c_{i\max}}{k_c\sigma_{i\max}}$ 。实际

三河闸小型压板试验地基土凝聚力的利用系数确定降低  $k_c = \tau_{i\max}^H / \tau_{i\max} = 2.86$  倍, 错误在加大利用的压应力  $\sum W_i$  值。③错误在公式的地基土的摩擦系数中没有分开不能利用的位移占有份值。④错误在是全部用加大的滑动力  $(tg\psi_{i\max}\sum W_{i\max} + \frac{c_{i\max}}{2}A)$

与全部  $\sum h_{i\max}$  比较, 错误加大滑动力滑动安全系数  $K_c$ 。⑤由此公式计算三河闸归档设计书, 交待地基土滑动安全系数, 在工况 1:  $\nabla 13.5 \text{ m}$ ,  $k_c=1.47-0.26=1.21$ 。工况 2:  $\nabla 16.0 \text{ m}$ ,  $k_c=1.48-0.25=1.18$ 。工况 3:  $\nabla 17.0 \text{ m}$ ,  $k_c=1.29-0.23=1.06$ , 减去的是无效增加护坦的滑动安全系数。⑥由上述 5 项错误, 使三河闸抗洪水在  $\nabla 17.0 \text{ m}$  水位的滑动安全系数  $k_c=0.76$  增大到  $k_c=1.06$ , 虚假增大 30%。

(5) 1967 年高良涧进水闸加固设计在归档计算

$$\text{书中依照上述公式 } K_c = \frac{tg\varphi_{i\max}\sum W_{i\max} + \frac{c_{i\max}}{2} \times A}{\sum h_{i\max}}$$

计算成果上报。

(6) 1984 年《水闸设计范 SDJ133-84》将该公式

$$K_c = \frac{tg\varphi_{i\max}\sum W_{i\max} + \frac{c_{i\max}}{2} \times A}{\sum h_{i\max}}$$

引入作为闸底板和地基土滑动安全系数。