

江新联围睦州堤段填塘固基渗流稳定分析

陈小丹 曾进群 李德吉 杜秀忠 张挺 谢应恩
(广东省水利水电科学研究院, 广州, 510610)

摘要:江新联围采用填塘固基方案进行应急除险加固,在堤内坡脚处增设一级 8m 宽戗台,本文对该堤加固处理后的渗流稳定进行分析和计算,并在此基础上进行安全评价。

关键词:渗流分析 达标加固 填塘固基

1 前言

江新联围位于珠江三角洲的中西部,是珠江三角洲五大堤围之一,干堤总长 94.4km,睦州段 35+580~46+850 堤段是江新联围的一部分。

该堤段由于存在不少安全隐患,2002 年该堤段进行了应急除险加固。在应急除险加固工程的批文中认为该堤段“背水坡脚临塘多,是诱发渗透变形(如管涌)的隐患”,“要求最大压渗长度,按护堤脚地 30 米范围内作填塘固基处理,在其末端需设置干砌石界墙”。

加固后,堤轴线基本按原干堤堤线走向,堤面宽度 7m,在堤内坡脚处增设一级 8m 宽戗台。

本文对加固后大堤是否存在渗透变形(如管涌)的安全隐患,加固后戗台的宽度是否满足渗透稳定性要求等问题进行分析计算,并在此基础上进行安全评价。

2 工程设计方案

该堤防的工程级别为 2 级,防洪标准按五十年一遇洪水设计。堤面宽度 7m,在堤内坡脚处增设一级 8m 宽戗台,戗台面比设计堤面高程低 3m。堤身背水坡(内坡)坡比为 1:2,迎水坡(外坡)坡比为 1:2.5。堤身迎水坡填筑粘性土,背水坡和戗台填筑风化土。堤身设计标准断面见图 1。

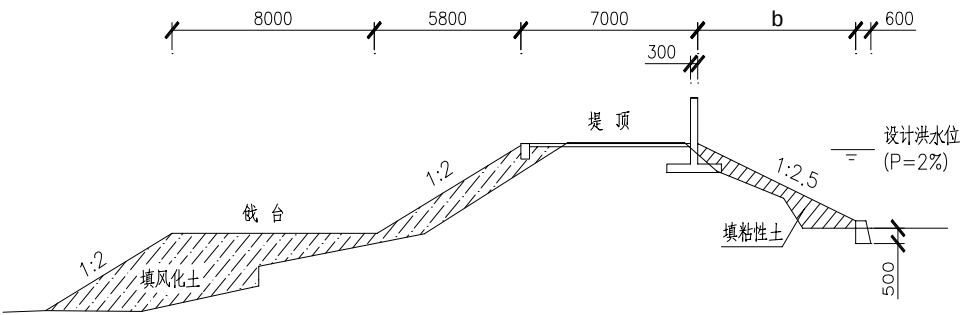


图 1 堤身设计标准断面

3 渗透稳定分析和工程评价

3.1 堤基工程地质条件分析

根据地质报告,本堤段不存在影响堤基渗流的强透水层,堤基的主要岩土层为淤泥,其渗透性很小,根据土工试验,淤泥的渗透系数为 $1.52 \times 10^{-6} \sim 7.63 \times 10^{-8} \text{ cm/s}$,属于微透水~极微透土地基土;透水性稍强的是含泥中粗砂,但由于其埋藏较深,顶板埋深为 17~35m,而且大多呈透镜体状,因此,不会对堤基渗流产生不利影响。

堤身为人工填土,以粘性素填土为主,根据注水试验,渗透系数 $K=2.4 \times 10^{-4} \text{ cm/s}$,透水性

中等。

根据以上情况，可以初步认为只要堤身不发生渗透变形，堤基不会出现渗透变形和破坏。

3.2 剖面有限元渗流计算分析

设计方案中对堤身迎水坡填筑粘性土，背水坡和戕台填筑风化土的思路是正确的。设计单位计算渗透变形时土层渗透系数的选取主要依据地质勘察报告且偏于安全考虑，参数的取值基本合理。

为验证该渗透变形计算结果，我们采用我们单位自主研制开发的剖面渗流计算重新对标准断面的渗流进行复核计算。外江水位取 3.80m，堤内水位 50m，堤顶高程 4.80m，高程 -2.0m 以下为淤泥，以上为堤身填土。土层计算参数取值与设计单位的取值相同，见表 1。

表 1 土层渗透系数（单位：cm/s）

土层	粘性素填土	淤泥	风化土
渗透系数	2.4×10^{-4}	1.5×10^{-5}	3.5×10^{-3}

根据计算，剖面渗流量为 $0.18\text{m}^3/\text{day}/\text{m}$ ，浸润线在原土堤的逸出点低于戕台面高程 0.8m 左右，在戕台的逸出点高程与堤内水位相同，即为 0.5m，计算结果与设计单位基本一致，剖面渗流的流网见图 2。

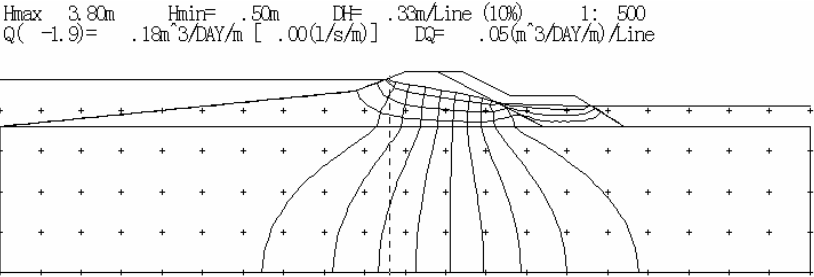


图 2 剖面渗流计算结果

3.3 渗透变形验算

根据土料试验成果，堤身风化土的颗粒比重 $G_s=2.87$ ，孔隙率 $n=e/(1+e)=0.688/(1+0.688)=0.408$ ，风化土的颗分曲线见图 3，分布曲线见图 4。

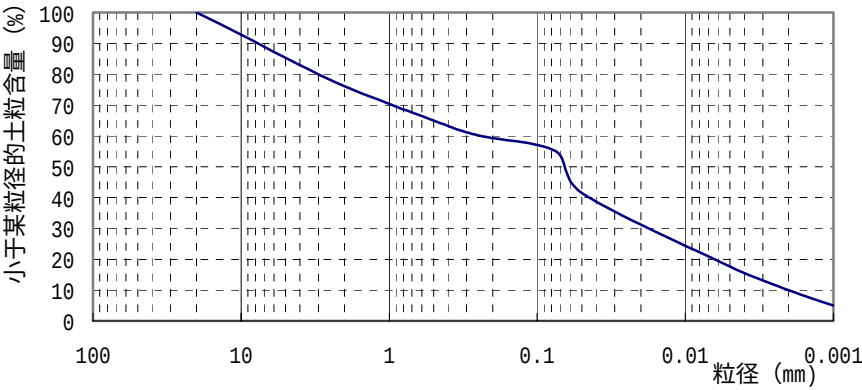


图 3 风化土颗分曲线

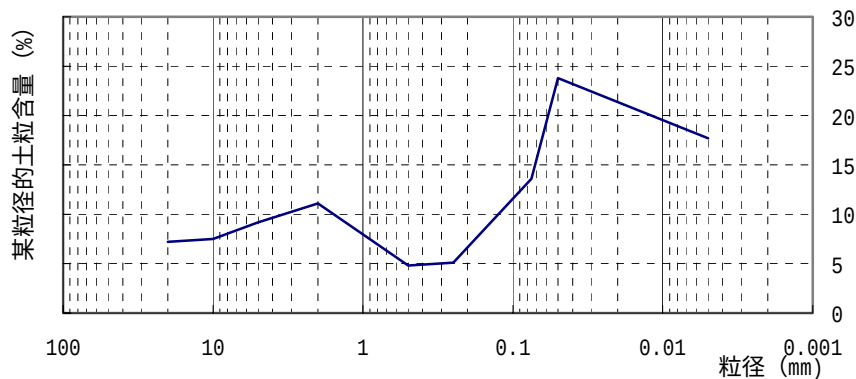


图 4 风化土分布曲线

根据颗分曲线， $d_{70}=1.0$ ， $d_{60}=0.25$ ， $d_{30}=0.018$ ， $d_{10}=0.002$ ， d_{70} 、 d_{60} 、 d_{30} 和 d_{10} 分别为颗分曲线上对应于颗粒含量 70%、60%、30%和 10%的土颗粒粒径（单位均为 mm）。

土的不均匀系数为

$$C_u = d_{60}/d_{10} = 0.25/0.002 = 125 > 5$$

曲率系数为

$$C_c = d_{30}^2 / (d_{60} \times d_{10}) = 0.018^2 / (0.25 \times 0.002) = 0.648 < 1$$

由于该土不能同时满足 $C_u \geq 5$ ，且 $C_c = 1 \sim 3$ 的条件，所以属于级配不良土。

根据分布曲线，该曲线属于双峰曲线，双峰之间的谷点对应粒组的土粒含量 $P = 5\% > 3\%$ ，因此，该土属于级配连续土。

对于级配连续土，区分粗粒和细粒粒径的界限粒径为

$$d_f = \sqrt{d_{70} d_{10}} = \sqrt{1 \times 0.002} = 0.045$$

根据颗分曲线， $d_f = 0.045$ 所对应的细粒颗粒含量为

$$P_c = 40.0\%$$

由于该土的不均匀系数 $C_u = 125 > 5$ ，且 $P_c = 40.0\% > 35\%$ ，根据《水利水电工程地质勘察规范》GB50287-99，堤身渗透变形类型属于流土，不会发生管涌现象。

流土型土的临界水力坡降为

$$J_{cr} = (G_s - 1)(1 - n) = (2.87 - 1)(1 - 0.408) = 1.107$$

取安全系数 $K = 2$ ，得渗透变形允许水力坡降为

$$J_{允许} = J_{cr}/K = 1.107/2 = 0.55$$

土堤内平均水力坡降为

$$J_{平均} = H/L$$

式中， H 为渗透水头差， L 为地下轮廓线虚拟长度。

将 $H = 3.84 - 0.50 = 3.34\text{m}$ ， $L = 25\text{m}$ 代入公式，得土堤内平均水力坡降为

$$J_{平均} = 3.34/25 = 0.134 < J_{允许} = 0.55$$

实际上，堤身土并非均质土，由于堤内戗台填土的渗透系数比原堤身土渗透系数大，所以渗透流出点处的水力坡降比堤身平均水力坡降还要小，根据剖面渗流有限元计算结果，渗流逸出点处的水力坡降比为

$$J_{\text{出口}} = 0.34/11 = 0.031 < J_{\text{允许}} = 0.55$$

因此，无论从堤身平均水力坡降还是从渗流逸出点水力坡降分析，堤身土的渗透变形稳定性都可以满足规范要求，设计是安全的。

4 小结

- (1) 该堤段的堤基属于微透水～极微透水地基，不存在强透水层。
- (2) 根据分析，该堤段可能发生的渗透变形类型为流土，不会发生管涌现象。
- (3) 根据计算分析，该堤段填塘固基后（设 8m 宽戗台）渗流水力坡降小于规范允许的水力坡降，满足防渗要求，设计是安全的。