

江河堤防病险处理和水毁工程修复

与重建技术的开发及推广应用

编号: GE-2000-3-044



九江江新洲崩岸治理工程试验段

堤坡稳定分析研究报告

中国水利水电科学研究院

2000 年 11 月 20 日

项目编号：基建灾 15—4

项 目 名 称：江河堤防病险处理和水毁工程修复
与重建技术的开发及推广应用

子项目名称：江新洲崩岸治理工程土工试验
和现场监测研究

承 担 单 位：中国水利水电科学研究院岩土工程研究所

协 作 单 位：江西省地质工程总公司九江市分公司

子项目负责人：温彦锋 魏迎奇

主要完成人：魏迎奇 温彦锋 边京红 蔡 红

报告执笔人：魏迎奇

报告审查人：陈祖煜

报告审批人：汪小刚

目 录

1	概况	1
2	工程地质和水文条件	3
3	稳定分析方案和计算参数的确定	8
3.1	计算方法和计算程序	8
3.2	稳定计算方案和强度参数的确定	10
3.3	计算结果分析	14
4	结论	15

堤坡稳定分析研究报告

1 概况

江新洲位于江西、湖北、安徽三省交界处，九江长江大桥下游的江中，为长江江心洲。地理坐标为东经 $116^{\circ}00' \sim 116^{\circ}20'$ ，北纬 $29^{\circ}40' \sim 29^{\circ}50'$ 。江新洲沿岸堤全长 41.3km，保护九江县江洲镇耕地面积 7.53 万亩及 4.1 万人口，圩区为省内重要产棉区，交通运输依靠水运。

江新洲四面环水，由于长江水流变化、洲头江水顶冲、南叉主流北移等多方面因素影响，从八十年代末开始，沿江江岸多次发生大面积条崩，部分岸段发生窝崩，岸坡下沉，深泓逼近，岸滩逐年消失。长期以来，虽然各级政府投入了一定的人力和物力进行治理，但由于资金有限，始终得不到根本解决。水下地形图的比较结果表明，近几年江岸崩塌越来越严重，已经危及到大堤堤身安全，江岸彻底整治已到了刻不容缓的地步。

根据江西省水利厅赣水科字（1999）010 号“关于中国水利水电科学研究院在九江长江堤防整治工程进行江岸整治科学试验的请示”及水利部建设司建管综便[1999]21 号文的意见，受江西省长江干流江岸堤防加固整治工程建设指挥部委托，在江西长江江新洲洲头北侧实施崩岸治理试验工程。工程试验段位于洲头北叉 15+500~16+500 段，全长 1km，试验工程平面位置图和工程施工设计平面布置图如图 1 和图 2 所示。

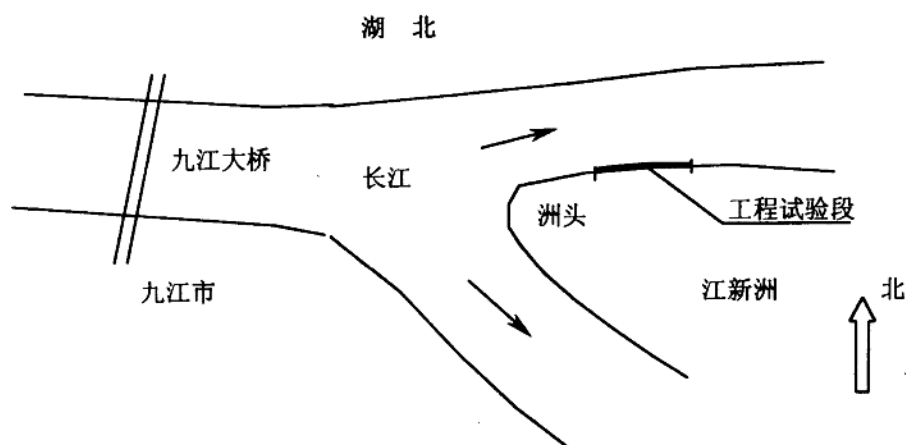


图1 试验工程平面位置示意图

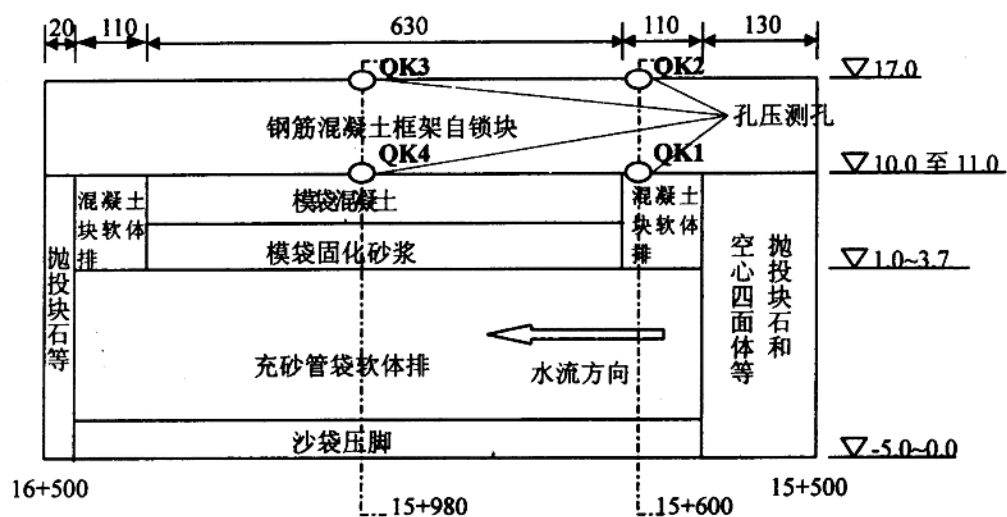


图2 江新洲崩岸治理试验工程施工设计平面布置图(单位: m)

试验段工程采用不同类型的固岸护坡型式，以比较其固岸护坡的效果。在设计枯水位以下，自高而低依次采用模袋混凝土、模袋固化砂浆和充砂管袋软体排护坡，部分地段采用混凝土块软体排、抛投块石和空心四面体等护坡，并在坡脚处用沙袋压脚；设计枯水位以上采用钢筋混凝土框架自锁块、混凝土板护坡。施工前对岸坡进行了削坡整治，其堤坡坡度一般在 1:3 ~ 1:4 之间。

为确定试验段工程在施工过程中和竣工后不同条件下坡体的整体稳定性，根据现场调研结果和室内土体物理力学性质试验成果，对工程试验段不同护坡型式的堤岸断面，进行了整体稳定性计算分析。

2 工程地质和水文条件

江新洲属于长江冲积江心洲地貌，整体地势平坦，地面高程约 17.5m，洲区整个座落于红层之上，下覆基岩。红层为下第三系新群(E_1+2x_n)，下覆基岩为紫红色粉砂岩、砂砾岩，砾岩主要为砂岩和泥砂，泥钙胶结。洲区覆盖层由第四系全新统冲积层组成，具体成分为粉质粘土、砂壤土、细砂、粉砂岩和砾石等。

由于水流地质作用的差异，洲区不同部位冲积层组成颗粒成分亦有所不同。地质勘探资料表明，本工程试验段(15+500 ~ 16+500)属于北岸园林洲段(15+150 ~ 19+000)，其地质覆盖层主要分为 4 层：第一层为 3 ~ 8m 后的粉质粘土层；第二层为局部出现的厚约 10m 的砂壤土；第三层为粉细砂层，内夹粉质壤土透镜体；第四层为砾岩，层面高程为 -21m。

2000 年 4 月在进行现场孔压观测仪器埋设时，对 2 个断面 4 个测孔做了地质分层描绘，地质柱状图如图 3 ~ 图 6 所示。钻孔结果表明，工程试验段地层大致分为以下 3 层：最上一层为粉砂土层，

图 3 地质柱状图

钻孔位置: 15+600, 堤脚
地面高程: 11.0m

钻孔编号: QK1
钻孔深度: 10m

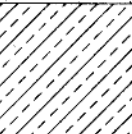
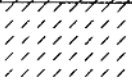
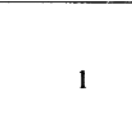
层 次 号	地质 年代	孔 深 (m)	层 厚 (m)	层底 高程 (m)	钻 孔 柱状图 1:100	岩性描述	地下 水深 (m)	备注
1	Q ₄ ^{al}	4.50	4.50	6.50		粉砂土	0.75	为孔压计, 数字为编号
2	Q ₄ ^{al}	6.70	2.20	4.30		粉质粘土		
3	Q ₄ ^{al}	8.03	1.33	2.97		粉砂土		
4	Q ₄ ^{al}	10.0	1.97	1.00		粉细砂		

图 4 地质柱状图

钻孔位置: 15+600, 堤顶
地面高程: 19.15m

钻孔编号: QK2
钻孔深度: 23m

层 次 号	地 质 年 代	孔 深 (m)	层 厚 (m)	层底 高程 (m)	钻 孔 柱状图 1:100	岩性描述	地下 水深 (m)	备 注
1	Q ₄ ^{al}	4.90	4.90	14.25		粉质粘土		
2	Q ₄ ^{al}	15.20	10.30	3.95		淤泥质粉质粘土		
3	Q ₄ ^{al}	23.0	7.80	-3.85		粉细砂		

图 5 地质柱状图

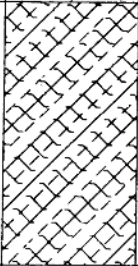
钻孔位置: 15+980, 堤顶
地面高程: 17.5m

钻孔编号: QK3
钻孔深度: 19.9m

层 次 号	地 质 年 代	孔 深 (m)	层 厚 (m)	层底 高程 (m)	钻 孔 柱状图 1:100	岩性描述	地下 水深 (m)	备 注
1	Q ₄ ^{al}	4.50	4.50	13.0		粉砂土		
2	Q ₄ ^{al}	12.1	7.60	5.4		淤泥质 粉质粘 土		
3	Q ₄ ^{al}	19.9	7.80	-2.4		粉细砂		

图 6 地质柱状图

钻孔位置: 15+980, 堤脚 钻孔编号: QK4
地面高程: 10.0m 钻孔深度: 10m

层 次 号	地 质 年 代	孔 深 (m)	层 厚 (m)	层底 高程 (m)	钻 孔 柱状图 1:100	岩性描述	地下 水深 (m)	备 注
1	Q ₄ ^{al}	2.50	2.50	7.5	 10	粉砂土		
2	Q ₄ ^{al}	7.10	4.60	2.9		淤泥质 粉质粘 土		
3	Q ₄ ^{al}	10.0	2.90	0.0	 9	粉砂		

部分地段含有一定数量的粘粒，底面高程大约在 13~14.25m 左右，厚度约 3~5m；其下一层为淤泥质粉质粘土层，底面高程在 3~5m 左右，厚度约 10m；最下一层为粉细砂层，卧于基岩上。

区内地下水类型为第四系松散层中的孔隙潜水，砂性土为主要含水层，且水平向延伸性良好，丰水期具承压性，尤其粘土层中的砂性土夹层，在高水头的情况下易产生流沙、泡泉现象。地下水与江水的水力联系密切。

本区地震强度根据“90 中国地震强度划区图”，其基本强度为 IV 度。

长江水位 7~9 月份为高水位期，多年平均高水位为 19.44m，最高洪水位为 23.03m，设计洪水位为 23.25m。1~3 月份为枯水期，多年平均枯水位为 9.7m，最低水位为 6.51m。

3 稳定分析方案和计算参数的确定

3.1 计算方法和计算程序

堤防工程的级别由堤防工程的防洪标准确定，堤防工程的防洪标准由防区内防洪标准较高防护对象的防洪标准确定。九江堤防的防洪标准为 20 年，根据中华人民共和国国家标准《堤防工程设计规范》(GB50286-98)有关堤防工程级别的规定(表 1)，九江堤防工程的级别属于 4 级。

堤坡的抗滑稳定安全系数由堤防工程的级别确定，根据中华人民共和国国家标准《堤防工程设计规范》(GB50286-98)，不同级别堤坝的抗滑稳定安全系数见表 2。

土坝抗滑稳定计算可采用瑞典圆弧法，当地基存在薄软弱夹层时，宜采用改良圆弧法。考虑江新洲试验工程的实际地质情况，采用毕肖普法计算圆弧滑裂面的稳定安全系数，并根据不同工况分

别采用总应力强度指标和有效应力强度指标。规范要求，当采用毕肖普法计算抗滑稳定安全系数时，不同运用条件下的稳定安全系数在原有基础上应提高 10%。对于本工程，不同运用条件下的安全系数应分别为 1.265 和 1.155。

表 1 堤防工程的级别

防洪标准 [重现期(年)]	> 100	<100,且 > 50	<50,且 > 30	<30,且 > 20	<20,且 > 10
堤防工程的级别	1	2	3	4	5

表 2 土堤抗滑稳定安全系数

堤防工程的级别		1	2	3	4	5
安全系数	正常运用条件	1.30	1.25	1.20	1.15	1.10
	非常运用条件	1.20	1.15	1.10	1.05	1.05

边坡稳定分析程序采用中国水利水电科学研究院陈祖煜教授编制的《STAB95 边坡稳定分析程序》。该程序可以进行土石坝和灰坝的施工竣工期、稳定渗流期及地震期等天然和人工构筑边坡处于不同使用工况条件下的有效应力法或总应力法稳定计算分析，是原水电规划设计总院推荐使用的边坡稳定分析专用程序“STAB 边坡稳定分析程序”的改进版本。程序采用最优化法主动搜索最小安全系数和相应临界滑裂面，以保证找到整体极值，可用目前国内外较成熟的多种边坡稳定计算方法进行计算分析，如瑞典条分法、毕肖普法、工程师团法等。从 80 年代至今，“STAB”系列程序已在包括水利、电力、冶金等领域的百余个工程中得到应用。

3.2 稳定计算方案和强度参数的确定

根据试验工程的防洪任务、工程等级、地形地质条件,结合堤身的结构型式、高度和填筑材料等因素,抗滑稳定计算选择了有代表性的 2 个断面进行不同工况下的稳定计算。2 个断面分别位于 15 + 600 和 15 + 980,其典型断面型式如图 7 和图 8 所示。

正常情况下抗滑稳定计算包括设计洪水下稳定渗流期或不稳定渗流期的背水坡堤坡的计算和设计洪水位骤降期临水侧堤坡的计算。由于本试验工程护坡体均处于 17m 高程以下,17m 以上至堤顶有约 100m ~ 150m 左右相对平坦的地带,因此计算时不再考虑设计洪水下稳定渗流期或不稳定渗流期的背水坡堤坡的稳定计算,只计算设计洪水位及骤降期时临水坡的稳定安全系数。在进行骤降期临水坡的稳定安全系数时,根据以往的水文观测资料和今年试验工程竣工后实际观测的水位骤降资料,采用不同的水位骤降值分别进行计算。

枯水期是崩岸和堤坡失稳较频繁的季节,报告验算了多年平均枯水位 9.8m 和最低枯水位 6.5m 两种不同工况下的稳定状态。

非常情况下的稳定计算包括施工期的临水、背水侧边坡和多年平均水位时遭遇地震时临水、背水侧堤坡的稳定计算。根据“90 中国地震强度划区图”,江新洲基本地震强度为 IV 度,因此在稳定计算时不考虑地震荷载的影响。只对施工期的边坡稳定进行计算。

稳定计算时土的抗剪强度指标可用直剪仪和三轴剪力仪测定,计算方法和抗剪强度指标的选用根据堤的工作状态由表 3 确定。

本次计算采用的强度指标全部由三轴剪力仪测定,试验详细内容参见《九江江新洲崩岸治理工程试验段土工试验研究报告》,稳定分析中各种材料的强度指标如表 4 所示。

表 3 土的抗剪试验方法和强度指标

堤的工作状态	计算方法	使用仪器	试验方法	强度指标
施工期	总应力法	直剪仪	快剪	C_u, ϕ_u
		三轴仪	不排水剪	
稳定渗流期	有效应力法	直剪仪	慢剪	C', ϕ'
		三轴仪	固结排水剪	
水位骤降期	总应力法	直剪仪	固结快剪	C_{cu}, ϕ_{cu}
		三轴仪	固结不排水剪	

表 4 稳定分析中各种材料的试验强度指标

土料名称	湿容重	饱和容重	强度指标			
			有效应力法		总应力法	
	(g/cm ³)	(g/cm ³)	$\phi'(^{\circ})$	c (kPa)	$\phi_{cu}(^{\circ})$	c_{cu}
粉质粘土	1.71	1.92	28.5	11.9	22.4	18.0
粉细砂	1.5	1.87	29.4	2.4	19.8	1.0
粉砂土	1.5	1.9	30.5	4.5	22.5	17.3
基岩	1.8	2.1	50.0	300	50.0	300

3.3 计算结果分析

两个典型断面在不同工况下的最小稳定安全系数见表 5，其对应的临界滑裂面见图 9~图 22。计算结果表明：

1)、由于施工期处于枯水期和雨季来临前，江水位基本保持在 10m 高程左右的低水平，堤坡内的浸润线也较低，大致和江水位持平。因此两个典型断面的最小稳定安全系数分别为 1.573 和 1.515，具有较高的安全预留，完全满足规范要求。

2)、工程竣工后，当水位达到 23.25m 的设计洪水位并形成稳定渗流时，两个典型断面的最小稳定安全系数分别为 1.831 和 1.704，相应的临界滑裂面均处于枯水位以下的较陡坡体部分。

3)、当江水位发生骤降，两个典型断面骤降后水位高程均为 14m 时，其最小稳定安全系数分别为 1.175 和 1.198，刚刚满足规范要求，表明骤降后水位的最大高程不应低于 14m。同时计算结果也表明，骤降幅度不同，其最危险滑弧的位置略有所不同。

4)、两个断面在枯水期的稳定安全系数最小为 1.454，满足稳定要求。

表 5 稳定分析成果表

断面位置	施工期	设计 洪水期	枯水期		水位骤降期(骤降前高程:19.2m)		
			平均(9.7m)	最低(6.5m)	17m 高程	14m 高程	11m 高程
15 + 600	1.573	1.831	1.817	1.562	1.464	1.175	0.714
图号	图 9	图 10	图 11	图 12	图 13	图 14	图 15
15 + 980	1.515	1.704	1.661	1.454	1.496	1.198	0.905
图号	图 16	图 17	图 18	图 19	图 20	图 21	图 22