

闽江福州段防洪整治试验研究^{*}

李安中, 常福田, 蔡 辉, 周晶晏, 丁 坚

(河海大学港口航道及海岸工程学院, 江苏 南京 210098)

摘要: 在定床物理模型试验的基础上进行了动床试验, 验证优化防洪规划岸线在特大洪水作用下的河床演变规律, 并提出治理南北港调整分流比措施的研究成果。

关键词: 定床模型; 动床模型; 分汊河槽; 分流比

中图分类号: TV877 文献标识码: A 文章编号: 1000-1980(2000)04-0029-07

闽江福州河段防洪岸线规划的研究, 是彻底解决福州遭受洪水威胁的课题。河海大学承担该任务的物理模型试验, 以确定最优防洪规划岸线, 提供特大洪水年的防洪警界水位, 调整南北港分流比等。于 1997 年完成定床试验, 并撰写“闽江福州段防洪整治研究”一文^[1]。本文根据动床模型试验研究成果编写。

1 动床模型设计

1.1 动床模型的布置

在定床模型的基础上进行动床模型试验, 动床的范围如图 1 所示。考虑到模型进口段及尾段应有足够长度, 水、沙经河床调整后, 再进入测验河段, 保证测验河段的相似性, 因此, 动床上端自侯官开始, 经北港下端至快安出口, 南港下端到乌龙江大桥为止, 但考虑到窄深河段, 如文山里、解放大桥河段, 在变态模型上边坡很陡, 模型沙难以稳定, 所以这两小段做成定床。江心洲上已围垦, 有居民区, 不会变动, 也做成定床。动床模型的面积约 400 m², 可较全面地反映防洪岸线规划对福州河段的影响。

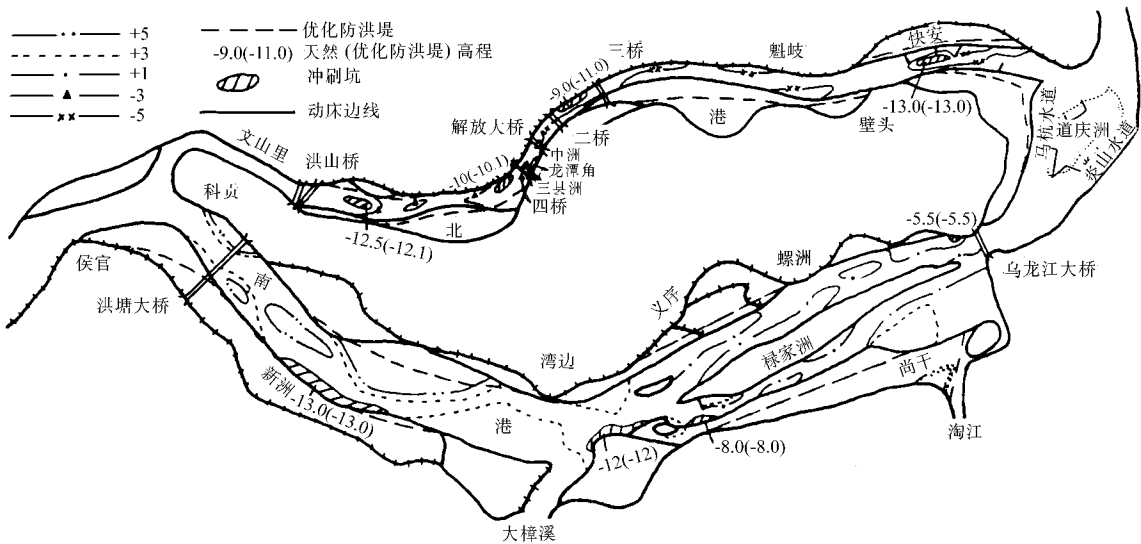


图 1 闽江福州河段动床范围及 100 年一遇洪水冲淤地形图

Fig.1 Location of movable bed and river morphology for $T = 100$ years flood

收稿日期: 1999-03-22

作者简介: 李安中(1934—)男, 山东新泰人, 教授, 主要从事河流动力学及航道整治方面的研究。

^{*} 参加研究的单位还有福州市闽江下游河道整治研究工作小组。

1.2 模型相似比尺

模型的水平比尺 $\lambda_L = 440$,垂直比尺 $\lambda_H = 70$.根据几何比尺 ,求得水流运动相似、泥沙运动及河床变形相似条件 ,按下式计算 :

重力相似

$$\lambda_v = \sqrt{\lambda_H}$$

阻力相似

$$\lambda_s = \frac{1}{\lambda_n} \cdot \frac{\lambda_H^{7/6}}{\lambda_L^{1/2}}$$

泥沙起动相似

$$\lambda_v = \lambda_{v_0}$$

推移质输沙量相似

$$\lambda_G = \lambda_{G_0}$$

河床变形时间比尺

$$\lambda_{t_2} = \lambda_{\gamma_0} \frac{\lambda_L \cdot \lambda_H}{\lambda_{g_s}}$$

式中 λ ——比尺 ; L, H, v, v_0 ——平面尺度、深度、流速、起动流速 ; n ——糙率 ; $G, G_0, g_s, \gamma_0, t_2$ ——输沙量、输沙能力、单宽输沙率、泥沙干容重、河床变形时间.

根据实测泥沙资料 ,福州河段床沙中值粒径 $d_{50} = 0.525\text{ mm}$,悬沙的中值粒径 $d_{50} = 0.029\text{ mm}$.该河段以底沙造床 ,主要模拟起动相似 ,由此选定多种模型沙比较 ,认为木屑比较适合 ,取用 $d_{50} = 0.9\text{ mm}$,与天然沙相似 ,并进行水槽试验 ,求得木屑糙率约 $n_m = 0.020$,起动流速 $v_{0m} = 0.08 \sim 0.09\text{ m}$,最后在模型中放水反求动床上的糙率 ,考虑有形态阻力等因素 , $n_m = 0.025$ 左右.

天然条件下河床糙率 n_p 随流量略有变化 ,如表 1 所示.

表 1 南北港的糙率
Table 1 Roughness coefficients of south and north braided channels

河道	$Q = 2\,200\text{ m}^3/\text{s}$	$Q = 8\,000\text{ m}^3/\text{s}$	$Q = 29\,400 \sim 30\,300\text{ m}^3/\text{s}$	$Q = 35\,600 \sim 38\,300\text{ m}^3/\text{s}$
北港	0.022	0.024	0.025	0.027
南港	0.026	0.030	0.031	0.032

模型糙率比天然糙率小 ,再加上糙率比尺的要求 ,相差就更大 ,所以变态模型上加糙是必须的 .采用了插铁丝、拉橡皮条等方法加糙.

输沙量比尺 λ_{g_s} 及冲淤时间比尺 λ_{t_2} ,因无推移质输沙率实测资料 ,采用各家公式计算 ,相差又很大 ,因此 ,在动床试验中 ,取用一初设值在验证中调整 ,以模型与原体的冲淤地形相似为准 ,确定 λ_{g_s} 和 λ_{t_2} .所以动床河工模型的设计 ,实际上与动床验证是一起完成的^[2] .现将取值列于表 2 ,其他各重要流量级一并求出就可指导模型放水试验.

表 2 洪水期水力要素及模型比尺($Q = 35\,600\text{ m}^3/\text{s}$)
Table 2 Hydraulic elements of flood and model scale

河道	文山里 科 贡	水位	H_p /m	v_p ($\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$)	v_{op} ($\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$)	n_p	v_{om} ($\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$)	n_m	λ_n	λ_v (重)	λ_v (阻)	λ_{v0}	$\frac{\lambda_v}{\lambda_{v0}}$	ΔF	λ_{g_s}	λ_{t_2}
北港	12.75	11.75	3.87	0.70	0.027	0.09	0.030	0.90	8.37	7.50	7.70	0.97	10.4	129	716	
南港	13.19	10.19	3.53	0.70	0.032	0.09	0.035	0.91	8.37	7.50	7.70	0.97	10.4	129	716	

1.3 模型加沙率

根据每年全沙下泄量求出各月输沙量 ,再根据水文测验反求的悬移质与推移质比例 ,求出底沙输沙量 ,结果是闽江来沙特点集中在 5~7 月份 ,占全年来沙的 70.2% ,5 月份占 23.9% ,6 月份占 36.6% ,7 月份占 9.7% ,10~3 月枯水期只占 4.3% ,基本上无底沙下泄 ,主要是在汛期来沙 ,根据这一特点分配模型加沙量.

2 优化防洪岸线试验结果

福州河段的优化防洪岸线 ,已在定床试验阶段确定 ,平面布置详见文献 [1] 中图 2.在动床试验阶段 ,根据冲淤情况又进行了调整 ,如为减小对潮棱体的影响 ,缩小了马杭滩地、尚干滩地围堤面积 ,并将快安围堤适

当后退,总的防洪岸线走向没有变化,详见试验成果中防洪堤线坐标.

2.1 地形变化

优化防洪规划岸线在 100 年一遇、200 年一遇特大洪水的情况下,发现防洪岸线虽然束窄了河床宽度,河床被冲深下切,消除了部分在定床阶段试验出现的水位壅高现象,河床地形有明显变化.

北港洪山桥下游冲刷坑明显扩大,将威胁旧洪山桥桥墩的安全.洪山桥至解放大桥河床高程多为 - 3 m (基准罗零).深槽一般高程为 - 1.0 m,解放大桥以下至魁岐段河床在 - 5 m 等高线以下,二桥下游左岸原鱼轮厂前深槽达 - 11 m 以上.解放大桥下也多出现 - 5 m 深槽.

南港,洪塘大桥下心滩被冲刷缩小,新洲弯顶前深槽冲得很深,滩坎继续冲刷后退,湾边以下主流冲向对岸,与大樟溪汇合后,经南通矾头冲向禄家洲头的左侧.河床高程南港进口至新洲弯顶多在 + 5 m 高程, + 3 m 深槽还不贯通,新洲至湾边为 + 3 m 高滩,深槽高程为 + 1 m,湾边以下禄家洲的左右分汊的滩地为 + 1 m,深槽为 - 1 m 左右.

由测图可看出,南北港河床高程相差甚巨,达 5 ~ 6 m 之多,如图 2 所示.地形高差的悬殊,必然促使水流向低处的北港流动,当枯水位低于南港进口段槽底高程时,南港将断流.

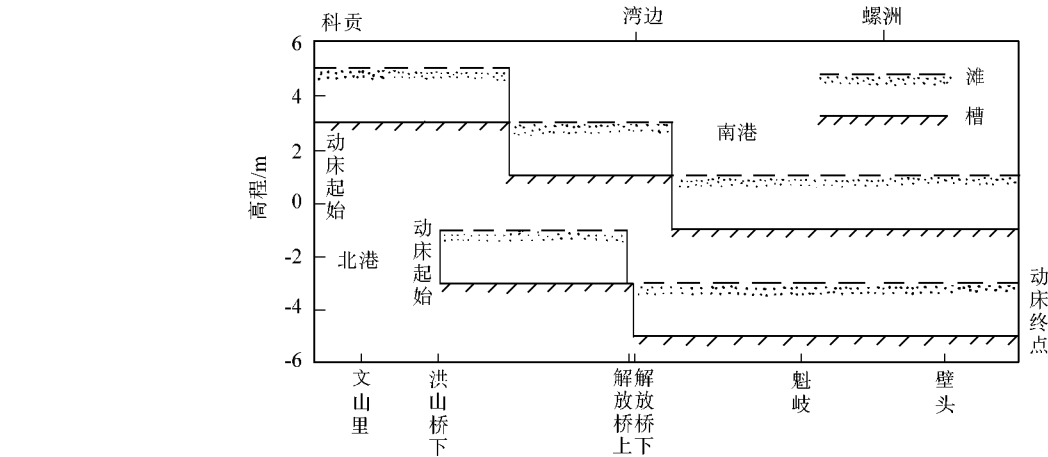


图 2 南北港滩槽平均高程示意图

Fig.2 Beach-channel elevations of south and north braided channels

洪水冲淤地形变化中,几个固定点的冲刷坑冲深比较明显,图 1 中给出了冲刷坑的底高程,在有无防洪规划方案的情况下变化都不大,位置和深度比较稳定,与这几个深坑对应的河岸将是今后护岸保滩的重点地段,现归纳有以下 8 处.

洪山桥上下游河段,除 1997 年桥上两岸塌岸处以外,桥左岸上游 200 ~ 350 m 处近年不断冲深,存在塌方隐患,桥下右岸丁坝上下在大洪水时原有冲刷坑更加严重,再发展下去,将影响到洪山旧桥桥基.

三县洲左右汊,由于主流在此大转弯,河宽进一步束窄,两岸流速大,四桥施工平台突出,大洪水时挑流明显,右岸龙潭角一带深槽上移扩大,对岸美打道码头及其上游突角受冲刷,应加强防护;上游河中三条顺坝处河底的冲深较大.

解放大桥下游左岸,主流经过中洲头约 45° 斜向大桥孔,直冲对岸江滨一线,1995 年桥下深坑 - 18 m,1997 年已达 - 26 m,威胁桥下游左岸堤脚安全.

二桥到三桥间,左岸原鱼轮厂前沿,洪水后深槽十分明显,可考虑拆除对岸顺坝头部一段,码头前沿要护底.

三桥以下至魁岐,台江作业区一线,是弯道的凹岸,洪水后河床均在 - 5 m 以下,码头前沿有几处达 - 9 ~ - 10 m 左右,是明显的冲刷下切河段,应重点保护堤脚.

北港出口快安段,丁坝冲刷坑及坑后的淤积堆均很明显,应调整丁坝长度.

新洲边滩逐年冲蚀后退,使得防洪堤规划线弯曲后退,应稳定滩坎,建议筑 5 条短护岸丁坝,保护防洪堤脚.

禄家洲头左侧 ,受大洪水主流冲刷 ,应抛石护洲头.

2.2 水面线变化

动床试验进行了 50 ,100 ,200 年一遇洪水过程 ,在优化防洪岸线的条件下 ,测定沿程洪峰水位 ,并与定床结果比较.现将 100 年一遇的洪水水位列于表 3.

表 3 100 年一遇洪水水位
Table 3 Water stage of $T = 100$ years flood m

站 名	天 然 条 件 下			优 化 方 案		1998 年 6 月洪水后
	定床恒定流	定床非恒定流	动床非恒定流	定床恒定流	动床非恒定流	
侯 官	14.05	13.95	13.86	14.24	14.11	14.03
文 山 里	14.75	12.70	12.68	13.07	12.85	12.78
洪山桥上	11.32	11.25	11.20	11.59	11.25	11.19
洪山桥下	10.55	10.48	10.43	10.82	10.58	10.49
解放大桥上	9.53	9.44	9.40	9.76	9.37	9.30
解放大桥下	8.71	8.62	8.83	8.92	8.75	8.67
魁 岐	7.84	7.39	7.53	7.59	7.51	7.50
壁 头	7.02	7.00	7.11	7.20	7.15	7.10
科 贡	13.19	13.08	13.03	13.52	13.25	13.20
湾 边	14.42	10.37	10.35	10.58	10.29	10.24
螺 洲	8.41	8.35	8.92	8.54	8.41	8.40
白 岩 潭	6.56	6.56	6.56	6.56	6.56	6.56

以表 3 中主要的测站文山里、洪山桥上、解放大桥上来看 ,在 50 年一遇天然条件下洪水时水位分别为 12.33 m ,10.89 m ,9.12 m ,200 年一遇时为 12.77 m ,11.48 m ,9.80 m ,在有防洪规划岸线时分别为 12.42 m ,10.87 m ,9.18 m 及 13.05 m ,11.41 m ,9.77 m .在 200 年一遇特大洪水时 ,中洲岛上将淹没 1.2 ~ 1.5 m 以上的水深 ,江滨路解放大桥头还将上水达 1.0 m 左右 ,为此 ,北港北防洪堤标准还需按此标准建设.

2.3 分流比

现将模型测得的北港分流比列于表 4.从表 4 可以看出 ,优化防洪岸线实施后 ,大洪水时河床要进行调整 ,沿程水位及分流比均比定床时小 ,可减小 1.71% ~ 2.30% 分流比 ,说明南港相应刷深 ,这对北港是有好处的.以上水位分流比 均是在 1995 年 12 月 ~ 1996 年 12 月地形条件下测得的 ,当几年后河床冲淤有变化时 ,将有相应改变 ,北港水位因冲刷有下降趋势.与此同时 ,北港分流比将逐年增大 ,使北港流速加大 ,引起更严重的堤脚冲刷 ,故应引起重视.

表 4 北港洪水分流比
Table 4 Flood water diversion ratio for the north braided channel

洪水标准	竹岐流量 ($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$)	定床天然条件 (1995 年 12 月)/%	定床优化方案 / %	动床优化方案 / %	北港分流量 ($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$)
50 年一遇	32 800	26.39	28.60	26.30	8 626
100 年一遇	35 600	25.66	27.30	25.20	8 971
200 年一遇	38 300	25.20	26.41	24.70	9 460

3 实施优化防洪岸线的有关问题

3.1 优化防洪岸线对潮棱体的影响

因该河段位于潮流界的末端 ,径流小于 $10\,000\text{ m}^3/\text{s}$ 以下时才有潮流作用 ,模型上测得在中枯水有潮汐作用时 ,壁头、螺洲以上建在高滩上的防洪堤与潮位影响不大 ,唯马杭和尚干防洪岸线有关系.具体分析马杭洲滩地大部分在 +3.5 m 以上 ,有一部分在 +5.0 m ,高潮位时本来就不上滩 ,滩面平均高程 +3.5 m ,面积约 250 万 m^2 ,尚干堤仅中间深槽高程较低 ,在 +3.0 m 左右面积约 158 万 m^2 .平均高潮位时 ,计算全河进潮量为 1.53 亿 m^3 ,则马杭、尚干两洲滩上共减少 441 万 m^3 ,占进潮量的 3.43% ,数量很小 ,对下游港口航道影响不大.

3.2 节洪口的效果

节洪口位于文山里以下 330 m 处 ,洪水河宽仅 170 m ,两岸为岩体山坡 ,是北港最窄的峡江.拟在高水位

处设两岸丁坝,减小洪水过流断面,以降低北港洪水分流比.定床试验了不同节洪口门宽度方案,选取较合适的 105 m 口门宽度,放泄 100 年一遇洪水,可将原动床优化防洪岸线测得的分流比 25.20% 减至 24.61%,降低了 0.59%,与定床测量值相比,则可减小 3.09%,说明节洪口方案对减小北港分流有一定作用.当北港河床继续下切后,节洪的效果将减小,因为水位下降,节洪工程两岸高丁坝挡水的面积减小,所以节洪的效果也有所降低.因此,节洪口工程应根据南港整治后,视需要而定.

3.3 南港疏浚试验结果

从试验情况看,要调整南北港分流,关键还在于降低南港进口的河底高程,使南港洪水分流比增加,同时为使南港枯水时也过流,对改善南港的水质、环境和航道等有利.因此,综合考虑在南港上段,自科贡以下至湾边一段,河底高程在 +3.5 m 以上,开挖一条深槽,按 100 吨级航道要求挖槽宽 80 m,挖到 +1 m,全长约 5 km,放泄正常来水年流量过程,最大洪峰 13 100 m³/s,这是大多数年份都能遇到的,以观测挖槽是否稳定.

放水试验发现挖槽基本上淤平,看来仅挖个小深槽在洪塘大桥上下游是稳定不了的,应配合南港采沙,扩大挖深的面积,有可能维持一个较理想的深泓走向.

3.4 南港整治方案

仅采用南港疏浚的方法是不成功的,必须以整治配合必要的疏浚、采沙等,才可以将这 5 km 浅段打通,枯水维持一深槽,洪水时可进一步冲深加宽,以利减小北港分流.经多次试验调整,拟建 5 条短丁坝,其布置如图 3 所示.坝高均不超过滩面高程,以免阻洪.

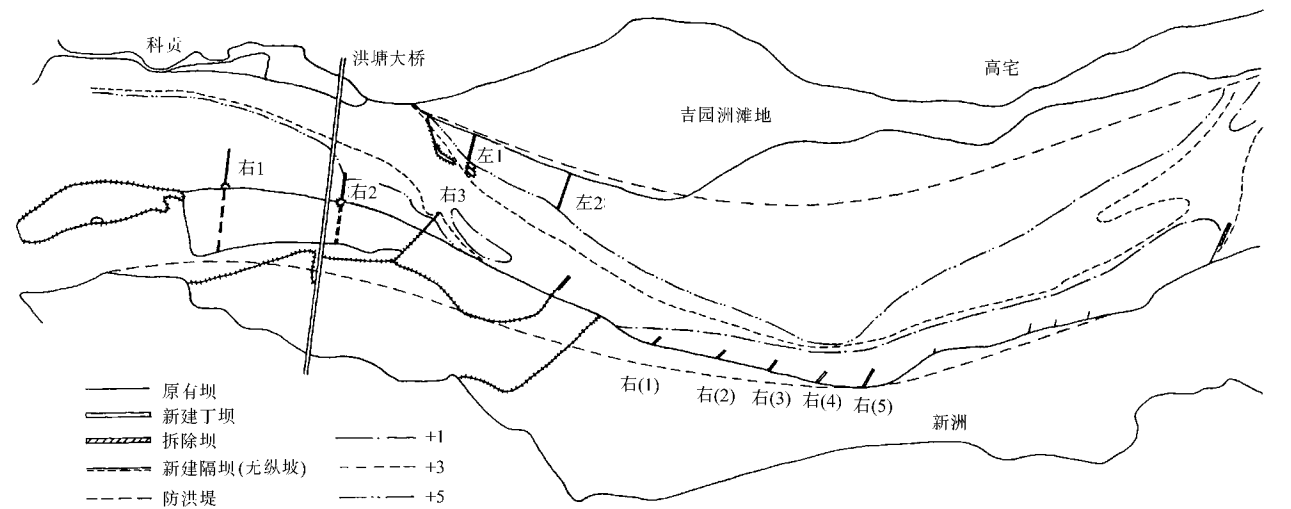


图 3 南港上段整治工程布置及冲淤地形图

Fig.3 Layout of regulatory works on south braided channel and river morphology

同样放正常来水年流量过程,配 20 年一遇洪峰,河床形成一条比较理想的深槽,槽底高程 +1.5 m 左右,当主流 600,1000 m³/s 的枯水流量时,该深槽中有 1.0 m 水深,可分流如表 5 所示.南港在枯水期有 8% ~ 15% 的分流量,对南港的开发、环保、航运将起着良好的作用.

同时考虑到防止新洲滩地不断后退,建议在新洲湾顶筑 5 条护岸短丁坝,见图 3 所示,以保证今后防洪岸线的稳定.

3.5 北港进口设潜坝对分流比的影响

定床试验时,曾在节洪口的部位,即文山里下游 330 m 处筑潜坝,因坝顶流速太大,达 4.9 m/s,不利航行而被否定,现考虑在进口河宽较大的断面设潜坝效果如何?

北港进口河底高程为 -2 m,枯水时水位 +4 m ~ +4.5 m,要保证四级航道,500 吨级船舶通行,潜坝顶高只能做到 +1.5 m,保证坝顶有 2.5 ~ 3.0 m 水深,满足通航要求.首先测定坝顶流速,在 500,2000 m³/s 流量下,坝顶流速分别为 2.4,1.9 m/s 左右,是航行允许的范围.

表 5 整治后南北港枯水分流比

Table 5 Low water diversion ratio for south and north braided channels after regulation

流量/(m ³ ·s ⁻¹)	潮位	南港	北港
600	落急	10	90
	涨急	8	92
1000	落急	15	85
	涨急	12	88

对调整分流比的效果,测得在枯水 $500\text{ m}^3/\text{s}$ 时有 $2\% \sim 3\%$ 的流量调到南港,在 100 年一遇洪水时可减少北港分流比 1.4% 左右.

4 1998 年 6 月洪水对闽江下游南北港的影响

1998 年 6 月 23 日闽江发生了百年未遇的大洪水,这对闽江的防洪设施是一次重大考验,福州河段河床也将产生明显的变化,须进一步以大洪水验证福州河段动床模型成果,以便提高防洪规划岸线标准的可靠度.

4.1 洪水的基本情况

福建省闽江地区自 1998 年 6 月 12 日至 24 日连降暴雨,中心雨量达 1000 mm 以上,向建溪、富屯溪汇集,使闽江连续发生了 7 次洪峰,干流十里庵站 23 日 3:30 洪峰流量 $36\,100\text{ m}^3/\text{s}$,23 日 6:00 水口入库洪峰流量 $37\,000\text{ m}^3/\text{s}$,为本世纪闽江最大洪水,水口电站于 6 月 22 日 17:00 全开泄洪,由于水库的调蓄作用,干流竹岐站 23 日 14:00 出现洪峰水位 16.95 m ,流量 $33\,800\text{ m}^3/\text{s}$.北港文山里站 6 月 23 日 14:30 出现洪峰水位 12.24 m ,流量 $10\,100\text{ m}^3/\text{s}$.福州解放大桥上 6 月 23 日 11:45 出现洪峰高潮位 8.78 m ,解放大桥下 23 日 11:30 出现洪水高潮位 8.22 m .

由于暴雨时间长,强度大,连续出现 7 次洪峰.与此同时测得沿程水位,因洪峰来势很猛,有的地方来不及设水尺,只得与洪痕比较,现将 1992 年 7 月 7 日洪水、模型非恒定流 50 年一遇洪水与 1998 年 6 月洪水水位比较列于表 6 所示.

由表 6 可分析比较出北港文山里站 1998 年 6 月洪水比 50 年一遇洪水多 $1000\text{ m}^3/\text{s}$,但水位反而低,说明自北港进口到文山里以下河段,1998 年 6 月洪水冲刷下切,由断面图看深槽中平均刷深 3 m ,洪山桥上因有新老桥壅水作用,水位未下降,但解放大桥上水位降落很大,1998 年 6 月流量大,水位反而低,只有 8.78 m ,说明旧桥改新桥影响很大,比 1992 年 7 月 7 日洪水低,50 年一遇洪水是在新桥条件下由动床试验测得的,1998 年 6 月洪水比它也低,说明自 1997,1998 年以来,解放大桥上河床又进一步冲深,水面下降,解放大桥下 1998 年 6 月洪水水面高程为 8.22 m ,说明下游河床也有冲刷现象.

Table 6 Water stages of south and north braided channels of Fuzhou Reach, Minjiang River				m
测 站	1992 年 7 月 7 日洪水洪痕	50 年一遇 $32\,800\text{ m}^3/\text{s}$ 模型	1998 年 6 月洪水 $33\,800\text{ m}^3/\text{s}$	
文 山 里	12.16	12.33	12.24	
洪山桥上	10.65	10.89	11.04	
洪山桥下	10.39	10.09	10.49	
解放大桥上	9.52	9.12	8.78	
解放大桥下	8.16	8.38	8.22	
魁 岐	7.04	7.25	7.40	
科 贡	12.35	12.80	12.70	
湾 边	9.33	10.08	9.62	
螺 洲	7.26	8.02	7.61	
白 岩 潭	6.05	6.41	6.61	

南港科贡、湾边、螺洲自上而下的 1998 年 6 月洪水水位均比 50 年一遇洪水试验值低,说明一方面来水北港流量增大较多,南港就相应减少,另一方面也有冲刷现象,由断面、地形图可知,高滩均被冲低,有利于洪水通过,使水位下降.

再由文山里水文站 1998 年 6 月测得的洪水分流量为 $10\,100\text{ m}^3/\text{s}$,与 1996 年模型试验测得 50 年一遇洪水文山里流量为 $8\,656\text{ m}^3/\text{s}$ 相比,增加了 $1\,444\text{ m}^3/\text{s}$,水位反而低 9 cm ,进一步说明河床冲刷下切的事实.

4.2 洪水对南北港河床的影响

经过 1998 年 6 月特大洪水,闽江福州河段变化有以下特点:(a)进口段变化不大.(b)北港上、中段冲刷下切了 $3 \sim 4\text{ m}$,下段解放大桥以下至渔轮厂冲深 $1 \sim 2\text{ m}$.三桥以下至北港出口不冲不淤,基本稳定.(c)南港上段洪塘大桥以下高滩刷深,最大刷深 4 m ,深槽未动.(d)南港下段分汊,左汊经义序平均有 1.0 m 左右的冲深,而中汊和右汊没有变化,大洪水对该两汊无影响.(e)乌龙江大桥以下马杭水道也无变化,比较稳定.以上

是河床经大洪水作用后冲淤的情况 ,南北港河段受大洪水作用产生一些很深的局部冲刷坑 ,除 2.1 节所指出的 8 处外 ,1998 年 6 月的洪水对毗邻湾边以上冲刷坑深达 - 10 m ,义序边滩冲出 - 10 m 的深坑.

通过 1998 年 6 月的洪水 ,河床发生较明显的冲刷 ,在优化防洪方案作用下 ,南北港沿程 100 年一遇洪水水位如表 3 所示 ,比原动床试验的水位稍低 ,说明河床刷深后 ,洪水水面也随之下降 ,今后处理险工地段 ,防止淘刷崩岸 ,建议取 1998 年 6 月洪水后的水面线计算 ,当考虑防洪堤防洪高程标准时 ,则应采用原动床非恒定流状态时测定的水位 ,以原定床恒定流的水位为校核高程 ,均偏于安全.

5 结 语

闽江福州河段 ,与福州市的安全和发展关系十分密切 ,尤其经历了 1998 年 6 月 23 日出现 100 年未遇的特大洪水 ,使福州河段发生剧烈的变化 .笔者从定床、动床两个阶段的物理模型试验 ,基本上摸清了该河段的特性和规律 ,为今后全面整治提供了科学依据.

参考文献 :

[1] 李安中 ,常福田 ,蔡辉 ,等 .闽江福州河段防洪整治研究 [J]. 河海大学学报 ,1998 ,26(2) :45 ~ 49 .
[2] 中国水利学会泥沙专业委员会 .泥沙手册 [M]. 北京 :中国环境科学出版社 ,1992 .802 .

Regulation and Flood Control of Fuzhou Reach of Minjiang River

LI An-zhong , CHANG Fu-tian , CAI Hui , ZHOU Jing-yan , DING Jian
(College of Harbor Waterway and Coastal Engineering , Hohai Univ. , Nanjing 210098 , China)

Abstract :Movable bed model experiments are conducted based on fixed bed model tests .The embankment line for flood control under large flood is tested . The water diversion ratio for the north and south braided channels is proposed .

Key words :fixed bed model ; movable bed model ; braided channel ; water diversion ratio