

【工程感悟】

一次真刀真枪的考试

包承纲

(长江科学院, 湖北 武汉 430010)

摘要: 三峡工程在其建设过程中曾经历过各种问题和困难, 极具挑战性的二期围堰也不例外。二期围堰是保证三峡二期工程安全施工的重要屏障, 其安危关系工程全局。在建设过程中, 1998年汛期曾多次遭遇特大洪水的突然袭击, 它的防渗墙产生了过大的水平变形, 其安危堪虞。工程面临停止基坑抽水、撤退人员, 或者继续施工的抉择。经过有关研究人员紧张而有效的分析计算和综合研究, 认定: 当时围堰尚处于安全状态, 建议加快施工, 尽早摆脱当时不利的工作条件。从而使工程得以继续施工。并在当年挡住了8次大洪水的袭击。二期围堰工作了5年, 经受住了多次大洪水冲击的严峻考验, 实测漏水量极小(设计值的1/10)。围堰无疑是成功的, 有关人员也经历了一次真刀真枪的“考试”。

中图分类号: TU74

文献标识码: A

文章编号: 2096-7195(2022)02-0178-03

A severe test for the safety of a cofferdam in Three Gorges Project during large flood season in 1998

BAO Cheng-gang

(Yangtze River Scientific Research Institute, Wuhan 430010, Hubei, China)

Abstract: The Three Gorges Project experienced various challenges during the construction process. Its second stage cofferdam is an important barrier to ensure the safety of the second stage construction. During the flood season in 1998, the second stage cofferdam has been suddenly attacked by severe floods for many times, resulting in excessive horizontal deformation of the cut-off wall, which exceeded the expected range. At that time, the cofferdam was just under construction. Its safety was a major concern for everyone at the site. The project was faced with the choice of stopping the pumping of the foundation pit and withdrawing personnel or continuing construction. After intense and effective analysis, calculation and comprehensive research by relevant researchers, it was determined that the cofferdam was still in a safe state. Therefore, it was suggested to speed up the construction progress to get rid of the adverse working conditions as soon as possible. Therefore, the project was able to continue with the operations. And the constructed cofferdam successfully restrained 8 of the major flood paths in that year. The second cofferdam has been in operation for 5 years and has withstood the severe test of many major floods. The measured water leakage of the whole cofferdam was extremely small, only 1/10 of the design value. That was a real severe test for us. From this, it is learned that the analysis work of a structure should be carried out during the whole construction period.

1998年9月15日中午, 一辆切诺基吉普从长江科学院大门开出向汉宜公路疾驶而去, 目的地是正在热火朝天施工的三峡工程工地。车上坐着3个人都面色凝重。他们是在1小时前接到三峡总公司电话, 转告水电部陈赓仪副部长的指令: “由于二期深水围堰变形过大, 要包承纲立即到工地去。”我不敢怠慢, 叫上搞计算的刘松涛工程师, 并带上

我的研究生张小平博士匆忙上路。

到了工地得知, 二期上游深水围堰在突然袭来的大洪峰($6 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{s}$)压力下产生很大的变形, 防渗墙顶部的最大位移达56.7 cm, 比原计算预测值42.2 cm高出35%左右。洪水还在继续上涨, 围堰是否安全心中无底。当时大坝基坑正在抽水, 坑内有大批机器和工人正在施工, 一旦发生不测, 后果

不堪设想。不仅经济损失无法估量，其声誉影响更难承受，那时三峡工程的未来命运，是否能继续建下去，将不可预测！所以工地上下都十分紧张，人心惶惶。

怎么办？停止基坑抽水、撤退机械、撤退施工人员？这些都非同小可，但若不撤，万一出事，谁也担不了责任。正是左右为难，难以决策。这就促使在工地坐镇的水电部陈副部长下令，把我招去问个究竟，因为二期围堰这个保施工安全的关键性建筑物的结构分析和可靠性论证是长科院和国内有关的多家公司共同进行的。

下午4时许我们到了工地。陈部长对我们说：“你把这件事情弄清楚，回答我两个问题：（1）为什么变形这么大？这样的变形到底危不危险？（2）水位再涨，变形最大会到多少？那时危不危险？”他还说：“明天晚上7点，我听你汇报！”明天晚上7点！眼下已下午4点多，满打满算不睡觉也只有27个小时呀！但当时能分辩吗？这是一场真刀真枪的考试呀！而且是关系整个工程大局的考试。这也是一场检验我们解决实际问题的能力和水平的挑战，深感责任重大，任务艰难！

但我们没有惊慌，因为我们对自己已做的工作有信心，弄清问题的原委是可能的，只是时间太紧迫了。事不宜迟，必须马上行动。于是我们3人立即对工作做了安排，并马不停蹄地付诸实施。

第一步我们先到施工场地实地了解，弄清施工实况和上下游水位、长江来水等资料，又翻阅变形观测记录，以掌握第一手的真实资料；第二步收集和分析围堰实际的施工断面与计算所用的设计断面有何差异，并绘出新的围堰实际断面；第三步，根据新的实际断面，剖分网格，赋定参数，重新进行计算；第四步，分析所得的新成果，并写出简要报告，以便次日进行答辩。不难看出，这是一个不小的工作量，睡觉自然是睡不成了，只是希望到时能向全体领导和整个工地交出一份能让人安心的答卷就上上大吉了。3人紧张地忙碌了一天一夜，应做的事总算都做完了，对问题也有了答案，心里还是踏实的，准备上堂赴考了。

第二天晚上7点，当我们走进会议室时，一间不小的屋子已被占满，大约有一、二百号人，前面坐着一干领导，我委总工郑守仁院士也在座。我的汇报首先分析变形超过计算值的原因，即围堰原来计算断面与施工实际断面有重要的差别，主要有三：（1）第一道防渗墙浇注刚完，材料龄期不足，

后面的第二道墙正在开挖，使第一道墙部分区域处于临空状态，失去支撑，受力条件很差，这种工况是原计算未曾预计到的；（2）围堰施工填筑面高低不平，为挡汛期水位抢高了子堤，上游面比下游面高出10m，存在从上游向下游额外的土压力，导致墙体额外的变形；（3）堰体下部砂粒料平抛垫底仅达30~35m高程，未达原设计高程，相差7~8m，与计算断面有差别。因此，墙体发生较大变形绝非偶然。随即，我汇报了按实际新断面计算的情况、所用的计算条件和计算结果。结果表明，处于新的实际断面情况下，计算的墙体变形可达55.2cm，与实测值相差仅1.5cm，差别不大。然后，我进一步回答陈部长是否危险的疑问：“目前尚不危险！因为墙体的应力状况较好，墙体从顶到底的整条变形曲线是光滑的，说明墙体没有断裂，而最大拉应变 40×10^{-6} ，最大压应变 273×10^{-6} 远小于材料的极限应变，用应变推算的拉、压应力各为0.04MPa和2.73MPa，均在允许范围内”。鉴于目前防渗墙是安全的。因此，基坑可继续抽水、工程也不必停工，相反，应当加快施工，以尽快改变墙体当前不良的工作条件。上述的汇报使大家松了一口气，会场的紧张气氛也逐渐缓和下来。当时还有人主动上来谈了他的看法，对报告表示赞同并作了补充。接着我又回答陈部长第二个问题：根据新的计算，在未来最高水位下，围堰墙体在最高水头下可能的最大变形为67.4cm，那时墙体的最大应变仍在极限应变之内，围堰仍是安全的。我一共讲了约两个小时，随后，大家又七嘴八舌的提了一些问题，会议从7点一直开到9点多。最后陈部长说：“听了你的报告，我们就放心了。明天，你要向全工地的技术人员再作次报告。我明天有会，不能参加。你们把音录下来，我听。”第二天，我又在更大的范围作了一次报告。

这次洪水的突然袭击给了我们一次教训，一次考验。教训就是计算分析不仅要设计方案进行，而且要跟踪施工，针对实施断面进行不断滚动的修正，才能指导工程实践。考验就是这是一场真刀真枪的考试，一是检验我们原来的计算是否合理，并考验我们解决实际问题的能力如何。通过这次有惊无险的考验，使我们长了知识，壮了胆量，对今后处理突发事件更有信心了。

1998年洪水共来袭8次，其中有一次来水量比第一次更大，我们和二期围堰一起经受着严峻的考验，但都安全地扛过去了。围堰挺争气的，据观测，

整个围堰的渗漏流量十分的小,最大实测值仅及设计值的 1/10。三峡工程技术委员会主任潘家铮院士高兴地赞道:“二期围堰工期之紧、难度之大也使多少同志把心提在手中。事实是,二期围堰又如期完成,大江基坑被抽干,露出峥嵘奇特的面貌(图1)。人们还来不及喘气,1998年8次长江特大洪水就迎面扑来,这座水上长城不仅固若金汤,而且几乎滴水不漏。长江这次是真的服输了。”

(潘家铮《春梦秋云录》,2012-09)



图1 长江抽水完成后堰址江底出露“峥嵘奇特”的江底石峰
Fig. 1 Peculiar stone peak at the bottom of the river after the completion of the pumping of the Yangtze River

【简讯】

《土力学及基础工程实用名词词典》(第二版)简介

《土力学及基础工程实用名词词典》(浙江大学出版社,1993)出版20多年来得到了广大读者的欢迎。20多年来我国土木工程建设快速发展,对外交流日益增多,不少设计、施工技术人员承担域外工程。近年来,不少读者希望词典能够再版。为了适应需要,我们在第一版的基础上组织编写了第二版。第二版对第一版收编的词条进行了修订、补充、完善,收编的汉语词条从723条扩展到1106条。

《土力学及基础工程实用名词词典》(第二版)收录了土力学及基础工程领域的常用词条和相应的英文词条。词条释文力求正确、简明、全面,并尽可能包括设计、施工所需资料。词条索引共有3种:(1)词条分类检字索引;(2)词条拼音检字索引;(3)词条英文检字索引。查阅方便。

《土力学及基础工程实用名词词典》(第二版)内容分30个部分,分别为:(1)综合类;(2)工程地质及勘察;(3)岩土分类;(4)室内试验;(5)原位测试;(6)土的物理性质;(7)渗透性和渗流;(8)应力;(9)位移和变形;(10)固结;(11)抗剪强度;(12)本构模型;(13)

岩土动力性质;(14)地基承载力;(15)地基处理;(16)浅基础;(17)复合地基;(18)桩基础;(19)特种基础;(20)土坡稳定;(21)挡土结构和喷锚结构;(22)堤与坝;(23)土压力;(24)基坑工程与降水;(25)地下工程;(26)动力机器基础;(27)地基基础抗震;(28)土工合成材料;(29)环境岩土工程;(30)其他。

《土力学及基础工程实用名词词典》(第二版)主编龚晓南,副主编谢康和。罗勇博士、连峰博士、李瑛博士、王志达博士、沈扬博士、郭彪博士、吕文志博士、张杰博士、陈东霞博士、史海莹博士、张磊博士、张雪婵博士、黄大中博士等在浙江大学学习期间参与了本词典词条的遴选、编写和校对工作。本词典在编写过程中还得到了浙江大学滨海和城市岩土工程研究中心同事们的大力支持,陆水琴和王笑笑等同志为本词典的排版、校对等做了许多工作,在此谨表示感谢。

由于编者水平有限,本词典中难免有错误和不当之处,敬请读者批评指正。