

新疆某水利枢纽工程坝基覆盖层勘探研究

李旻

新疆水利水电勘测设计研究院有限责任公司地质工程分公司

DOI:10.12238/hwr.v8i6.5522

[摘要] 新疆某水利枢纽工程为面板堆石坝坝型,大坝所在河段河槽窄深,坝基在窄深河槽处受拱效应力作用影响,轴线下游基座应力不大,同时窄深河槽施工作业面狭小,如果将窄深河槽覆盖层全部挖除并回填碾压至设计要求施工难度较大且质量难以保证,因此对该工程坝轴线下游覆盖层进行勘探研究,采用常规勘探、室内试验、灌浆试验、密度桶法相对密度试验、旁压模量当量密度法试验等试验进行对比分析,评价其作为堆石体基础的条件,为该工程项目坝基河床覆盖层保留的范围和处理措施提供了可靠的依据。

[关键词] 水利水电工程; 地质勘察; 覆盖层保留利用; 工程地质评价

中图分类号: TV5 **文献标识码:** A

THE STUDY OF SAMPLING IN THE RIVER OVERBURDEN LAYERS AT THE SOUTHERN XINJIANG DAM SITE AREA

Min Li

XinJiang Hydropower Survey Design Institute Co.,Ltd

[Abstract] A water conservancy project in southern Xinjiang is a face face rockfill dam type, The reach where the dam is located is narrow and deep, The dam foundation is affected by the arch effect force at the narrow and deep river channel, The downstream base stress of the axis is small, At the same time, the narrow and deep river channel construction operation surface is narrow, If all the overburden of the narrow deep river trough is dug out and backfilled and rolled to the design requirements, the construction is difficult and the quality is difficult to guarantee, Therefore, the downstream overlay of the axis of the dam, Using conventional exploration, indoor test, grouting test, density barrel relative density test, and side pressure modulus equivalent density test, Evaluation of it as a rockbody, the conditions of the foundation, It provides a reliable basis for the reserved scope and treatment measures of the dam foundation of the project.

[Key words] water conservancy and hydropower engineering; geological survey; retention and utilization of overlay; engineering geological evaluation

前言

新疆某水库枢纽工程位于新疆和田市以南山区的喀什塔什乡境内,地理坐标:东经 $79^{\circ}53'10''\sim 79^{\circ}51'05''$,北纬 $36^{\circ}30'35''\sim 36^{\circ}31'09''$ 。水库设计最大坝高233.5m,总库容5.36亿 m^3 ,正常蓄水位2170.0m,相应库容5.28亿 m^3 ,死水位2080m,死库容1.01亿 m^3 ,调节库容4.27亿 m^3 ,电站装机容量200MW,设计年发电量5.20亿 $\text{kW}\cdot\text{h}$,属大(2)型II等工程。

工程建设期间结合现场实际,考虑工期和工程投资等综合因素,对河床砂砾石进一步开展现场原位试验、室内试验及计算分析等工作,研究保留坝轴线下游坝壳范围内覆盖层可行性。

1 工程地质概况

1.1 地形地貌

工程位于中山峡谷地貌,河道由SN向转为SE向,为横向“V”型谷,两岸地形不对称。坝轴线下游河槽为窄深槽,河床宽10~40m,河床两岸为高40~45m的基岩陡坡,坡度55~70°。

1.2 地层岩性

河床两岸岩性为灰黑色的二云母石英片岩局部夹条带状灰白色的二云母斜长石变粒岩夹层,厚度一般2.0m左右,局部厚约3.5~6m。二云母石英片岩片理产状 $40^{\circ}\sim 60^{\circ}\text{NW}\angle 25^{\circ}\sim 40^{\circ}$,微波状起伏,小褶曲发育,呈片理面结合紧密的薄层状结构,二云母石英片岩中黑云母和白云母含量约占25~35%。

河床岩性自上而下分为3组地层:第一组人工堆积(Q_4^s)块碎石,厚度5~13m,架空结构。第二组全新统冲积(Q_4^{al})砂卵石层,厚度14.0~23.0m,含直径60~80cm的漂石,卵石石磨圆一般,

成分以花岗岩、片麻岩, 云母石英片岩等为主, 结构中密~密实。第三组上更新统冲洪积(Q_3^{alp})砂卵砾石层, 厚度2~13m, 砾石磨圆较好, 成分以花岗岩、变质片岩为主, 结构密实, 局部弱胶结。

1. 3地质构造

坝址区为单斜构造, 岩层产状 $40^{\circ}\sim 60^{\circ}$ NW $\angle$ 25 $\sim$ 40 $^{\circ}$, 无区域性断裂分布, 主要发育NW向次级断层, 破碎带宽度0.2~0.5m, 倾角70~80 $^{\circ}$ 。两岸山体裂隙发育, 左岸发育5组裂隙, 其中优势方向为NNW向, 其次为NE向裂隙。右岸发育6组裂隙, 其中优势方向为NNW~NNW向。

2 前期勘探过程

前期勘探期间因河道狭窄, 河床常年流水, 两岸均为陡立坡, 河床覆盖层厚度较大, 机械难以到达, 取样困难, 在本次计划保留利用区段顺河水流向布置钻孔2个, 枯水期河漫滩人工取样3组, 进行了物理力学性试验以及超重型动探试验, 试验结果表明河床砂砾石层4m以下结构中密实~紧密, 补充勘探主要集中对4m以下砂砾石层的物理力学性质进行补充研究。

3 补充勘探方法与研究内容

3. 1勘探

坝轴线下游保留利用区全长约300m, 根据地形地质特点, 结合前期勘探试验成果, 勘探手段以坑探为主, 共布置探坑5处, 每处探坑顺河向长10~20m, 垂直河向宽5~10m, 深度4~6m。通过探坑揭露, 查明河床砂卵砾石层是否有连续软弱夹层、胶结层的分布情况以及上游截水后坝址下游河床水位的动态^[1]。

3. 2室内物理力学试验

对探坑进行分层(1、3、6m处)取样, 室内进行颗分、比重、密度(天然、干)、相对密度试验, 共计取样13组。

通过室内试验, 进一步分析河床砂卵砾石层的物理力学特性。

3. 3灌浆试验

河床砂砾石固结灌浆试验采用“孔口封闭、自上而下分段灌浆法”, 施工时先灌注周边孔, 后灌注中间孔, 分两序施工。试验部位划分两个区间, 采用梅花形布置, 第一区间单排孔间距2m, 排间距3m, 第二区间孔间距2m, 排间距3m, 每区间布置15个孔, 共计30个孔, 试验段上部浇筑0.4m~0.6m厚C15碾压混凝土盖重, 宽度超出灌浆两侧边线3m。灌浆采用纯水泥浆, 水泥浆按水灰比(重量比)2:1、1:1、0.5:1共三个比级进行控制, 开灌浆选用2:1, 封孔采用0.5:1水泥浆^[2]。

通过灌浆试验, 评价固结灌浆后砂砾石的物理力学特性(抗压强度、弹性模量), 获取河床砂砾石层的可灌性、单位注入量、抬动变形特性等数据。

3. 4现场密度桶法相对密度试验

相对密度作为对河床砂卵砾石层评价的主要试验指标, 为了更准确的获得河床砂卵砾石层相对密度试验数据, 对现场拟保留的砂卵砾石层划分为三个区间, 依照《土石筑坝材料碾压试验规程》进行密度桶法相对密度试验。

通过现场密度桶法相对密度试验对室内相对密度试验数据

进行对比分析, 复核修正后得到准确的河床砂卵砾石层相对密度试验数据。

3. 5旁压模量当量密度法试验

旁压模量当量密度法试验主要是确定保留区河床砂卵砾石层各深度土层的密度及颗粒组成。在保留区河床砂卵砾石层布置4处钻孔进行旁压试验, 得到孔内不同深度的旁压模量。

同时采用河床砂卵砾石的原级配料, 在室内进行不同密度下的旁压模型试验, 模拟现场测点的应力状态, 并成孔测定其旁压模量, 建立旁压模量与密度的相关关系, 从而标定现场不同深度河床砂卵砾石层的控制密度。

4 补充勘探过程中遇见的问题

(1)勘探过程中主要的问题是河床砂卵砾石层地下水位较高, 水下开挖探坑边坡稳定性问题以及探坑降水问题。

(2)在进行密度试验以及现场密度桶法相对密度试验过程中, 天然密度的试验过程不够精细, 由于砂卵砾石层试验坑坑壁平整性较差以及采用的薄膜厚度过大, 导致采用灌水法计算的体积参数偏小, 计算得出的天然密度值偏大, 从而导致后期计算得出的相对密度成果值偏大。对于这种情况, 采用河床砂卵砾石的原级配料, 在室内搭建试验坑, 分别采用灌砂法和灌水法进行试验探坑体积测算, 从而得出不同级配下的砂卵砾石对体积测算的影响, 最终确定本试验体积薄膜修正系数为1.03~1.05之间。

(3)固结灌浆试验过程中因为试验段砂卵砾石地层厚度及透水性较大, 试验过程中浆液的扩散影响深度及范围较小, 固结灌浆结束后采用旁压模量当量密度法对灌后地层进行评价时, 原状砂卵砾石地层旁压试验成功率较低, 无法进行对比分析, 导致最后无法评价注浆加固效果。

(4)旁压模量当量密度法试验中, 主要的问题为造孔取芯问题, 该试验需要利用钻孔岩芯来综合分析不同深度下的砂卵砾石层级配情况, 后期需要利用级配数据参配砂砾石料来进行室内模拟试验。

对于河床砂卵砾石层的钻孔作业, 如果采用清水钻进, 一是成孔困难容易出现塌孔现象导致试验段不满足试验孔径要求, 二是取芯的完整性差, 钻进过程中孔内的砂粒、粉粒、黏粒会被扰动冲洗, 导致后期取芯缺少以上三个粒组的岩芯无法分析孔内砂卵砾石地层级配情况。如果采用膨润土或者SM植物胶作为循环液护壁材料, 一是会导致旁压试验数据偏大, 二是会造成岩芯粉粒、黏粒的含量偏大, 从而影响后期模拟试验成果。

通过本次试验, 该试验对于河床砂卵砾石层的适用性较差, 宜用于河床两岸高阶地覆盖层。

5 工程地质评价

根据本次对河床砂卵砾石物理力学对比分析(表1), <5mm含量在补勘阶段变化较大, 含量明显增多, <0.075mm含量排除补勘阶段离散值后, 两个阶段对比变化不明显。CU两个阶段大于5, Cc两个阶段均大于3。

河床覆盖层砂砾石前期勘察阶段渗透系数 $K=1.3\sim 2.7\times 10^{-1}\text{cm/s}$, 补勘阶段 $K=1.3\sim 1.5\times 10^{-1}\text{cm/s}$, 均属于强透水层。前

期勘察阶段相对密度 $Dr=0.71\sim0.73$, 补勘阶段 $Dr=0.78\sim0.89$, 结构密实。前期勘察阶段粘聚力 $C=13.0\sim15.0\text{Kpa}$, 内摩擦角 $\phi=38.5\sim39.5^\circ$, 补勘阶段现委托中国水利水电科学研究院对坝轴线下游河床原状砂砾石覆盖层进行大型三轴试验, 粘聚力 $C=29.0\text{Kpa}$, 内摩擦角 $\phi=36.8^\circ$ 。

表1 坝址区河床砂卵砾石物理力学对比分析表

阶段	前期勘察	补充勘察
最大粒径(mm)	>500m	>500m
<5mm 含量	15.2%~18.5%	17.8%~34.6%
<0.075mm 含量	0.7%~1.0%	0.5%~4.2%*
不均匀系数(Cu)均值	133.6	219.3
曲率系数(Cc)均值	6.0	8.2
最小干密度(g/cm ³)	1.94~1.97	1.83~2.08
最大干密度(g/cm ³)	2.26~2.29	2.24~2.34
干密度(g/cm ³)	2.16~2.19	2.16~2.28
相对密度(Dr)	0.71~0.73	0.78~0.89
渗透系数(cm/s)	$1.3\times10^{-1}\sim2.7\times10^{-1}$	$1.3\times10^{-1}\sim1.5\times10^{-1}$
粘聚力(kPa)	13.0~15.0	29.0
内摩擦角(°)	38.5~39.5	36.8
动探试验(N120 击数)	4~12(随深度增大而增大)	/
旁压试验(Mpa)	/	27.7~86.3(随深度增大而增大)

经过对比分析两个阶段的勘察数据, 河床覆盖层砂砾石的相对密度在补勘阶段有了提升, 从前期勘察阶段的 $0.71\sim0.73$ 提升到了 $0.78\sim0.89$ 。这个差异主要是前期勘察阶段因河道狭窄, 河床常年流水, 取样困难, 在枯水期河漫滩取样其密实程度相较现代河床早期沉积物偏低。

同时, 补勘阶段由中国水利水电科学研究院进行的大型三轴试验结果显示, 粘聚力 C 值为 29.0Kpa , 相较于前期勘察阶段的 $13.0\sim15.0\text{Kpa}$ 有了提高。其增加意味着土体的抗剪强度得到了提升, 有利于增强河床覆盖层的整体稳定性。

另一方面, 虽然补勘阶段的内摩擦角 ϕ 值略有下降, 从前期勘察阶段的 $38.5\sim39.5^\circ$ 降至了 36.8° , 但仍在合理范围内。其变化受到多种因素的影响, 如颗粒形状、大小、分布等。在此情况下, 内摩擦角的略微下降可能是由于补勘阶段取样的河床覆盖层颗粒组成或排列方式发生了变化所致, 但并未对覆盖层的整体稳定性产生显著影响^[3]。

综上所述, 通过对比两个阶段的勘察数据和试验成果, 我们可以得出以下结论: 河床覆盖层砂砾石随深度增加逐渐变得更加密实, 粘聚力得到了提升, 增强了整体稳定性。虽然内摩擦角略有下降, 但并未对稳定性产生显著影响。这些结论为我们进一步了解河床覆盖层的工程特性和制定相应的工程技术措施提供了重要依据。

6 结语

(1)本工程的对坝基覆盖层的研究证明对于在窄深河槽河段建坝, 准确评价坝基岩土体的工程地质特性, 对设计优化、节省投资、施工简化具有重要的意义。

(2)本工程通过勘探、室内及原位试验、灌浆试验、旁压模量当量密度法试验等试验方法揭示了河床覆盖层的物质组成、结构及空间分布特征。利用互补性与对比试验研究, 进一步保证试验成果的准确性和可靠性, 对本工程河床覆盖层进行了正确的综合性评价提供了基础。

(3)本工程对于河床覆盖层的研究过程中产生的各类问题, 对类似技术问题提供了可参考借鉴的问题解决路径。

[参考文献]

[1]董栋,张尧,陈建辉.西藏某水利枢纽深切河槽边坡卸荷深度勘察[J].云南水力发电,2023,39(1):105-107.
[2]李万逵.新疆阿尔塔什水利枢纽F28断裂的工程特性[J].西部探矿工程,2013,25(10):177-181.
[3]陈军.新疆某水利枢纽工程砂卵砾石坝基勘察分析[J].人民长江,2015(1):36-39,57.

作者简介:

李昊(1990—),男,汉族,陕西省西安市人,本科,中级工程师,研究方向: 工程地质。