

doi: 10.3969/j.issn.1672-6146.2012.02.017

青山嘴水库一期基础工程强夯效果分析

朱红兴, 张国林

(云南建工集团有限公司, 云南 昆明, 650041)

摘要: 以青山嘴水库一期基础工程为具体实例, 研究了强夯处理在增加重型动力贯入 10 cm 最小击数、提高地基承载力、增加干密度以及降低含水率等方面的效果. 通过对试验测定的相关数据分析表明: 强夯能使重型动力触探贯入 10 cm 最小锤击数增加 417.46%~600%, 地基承载力提高 119.44%~163.98%, 土体干密度增加 7.18%~8.23%, 土体含水率下降 4.93%~45.14%, 说明强夯效果非常显著.

关键词: 强夯; 重型动力触探; 地基承载力; 干密度; 含水率

中图分类号: TU 472

文章编号: 1672-6146(2012)02-0068-05

Effect of dynamic compaction on the first phase foundation engineering of Qingshanzui Reservoir

ZHU Hong-xing, ZHANG Guo-lin

(Yunnan Construction and Hydropower Engineering Co.Ltd., Kunming 650041, China)

Abstract: As the first phase foundation engineering of Qingshanzui reservoir for the concrete example, this composition discussed the effect of dynamic compaction on adding the minimum number of heavy power penetration in 10 cm, improving the foundation bearing capacity, increasing the dry density and reducing the moisture content of soil etc. The results showed that the effects are very obvious for dynamic compaction which could add the minimum number of heavy power penetration in 10 cm 417.46%~600%, and improve the foundation bearing capacity 119.44%~163.98%, and increase the dry density 7.18%~8.23%, also, reduce the moisture content of soil 4.93%~45.14%.

Key words: dynamic compaction; heavy dynamic sounding; bearing capacity of foundation; dry density; moisture content

1 工程概况

本工程为青山嘴水库一期基础强夯, 里程桩号 K0+170—K0+441.5m, 基础强夯面积总计 45 432 m², 其中上游基础强夯 24 172 m², 下游基础强夯 21 260 m². 青山嘴水库位于楚雄市鹿城镇境内的龙川江上, 主要服务于防洪、灌溉以及城市用水等. 青山嘴水库由拦河主坝、副坝、输水隧洞、溢洪道、导流泄洪隧洞组成. 主坝为粘土心墙石渣坝, 坝高 41.5 m, 坝顶长 449.22 m; 设计总库容 1.08 × 10⁸ m³, 为大(二)型水库.

坝基地形及地质: 主坝河段为“Z”型, 河谷两岸成“U”型, 右岸部分地段地势陡峭, 左岸地势较平缓, 表层为砂性黏土夹杂碎石, 厚度为 0~5 m. 滩地面积较大, 上部为粉质土或细砂, 为第四系冲洪积层, 强度低、压缩性很强. 下部为砾石、漂石层, 并夹有孤石等, 分布不均匀, 中—高压缩性. 河床洪

收稿日期: 2012-5-30

作者简介: 朱红兴(1972-), 男, 高级工程师, 主要从事水利工程研究. E-mail: 2865872941@qq.com

积层存在动荷载作用下的液化及压缩变形问题。心墙坝基 F2-1、F2-2 断层带构造挤压强烈, 断层面不连续, 构造节理密集, 断层带内岩石破碎、糜棱岩、碎裂岩, 岩体中等—强透水, 存在渗漏问题。

2 设计与施工情况

设计要求采用正方形布置强夯点, 强夯遍数点夯三遍, 满夯一遍。第一遍夯点间距离 6 m, 采用逐渐加密法施工。点夯采用夯锤重 200 kN, 落距 20 m, 单击夯击能 4 000 kN·m, 点夯 3 遍, 每遍 12 击。满夯采用夯锤重 200 kN, 落距 5 m, 单击夯击能 1 000 kN·m, 满夯一遍, 每遍 10 击。强夯后进行重型动力触探试验测定贯入 10 cm 最小锤击数和地基承载力及土工试验测定土体干密度和含水率。基础强夯结果须满足重型动力触探检测 10 cm 锤击数 ≥ 15 击(粉细砂层 ≥ 14 击), 且最后 2 击平均沉降量 ≤ 50 mm; 相对密度 $D_r \geq 0.75$ 。

施工前先进行测放强夯边线, 然后在强夯区域内按设计要求 600 cm \times 600 cm 测放出夯击点。一期基础段为砂卵石层, 层厚 2.5~11.2 m, 清基开挖到强夯作业面后不再进行下挖。为确保强夯施工质量, 在强夯区边线外 10 m 开挖了截水沟, 以截断四周来水, 同时开挖了集水井, 对坝基先进行强制排水, 然后进行基础强夯, 强夯完成后进行围堰防渗墙摆喷施工^[1-2]。

3 强夯加固效果分析

3.1 强夯前后重型动力触探贯入 10 cm 最小锤击数比较分析

通过对上、下游强夯面随机选点进行重型触探贯入 10 cm 最小锤击数检测, 并与强夯之前各点进行比较, 得到如图 1(上游)与图 2(下游)所示的数据。

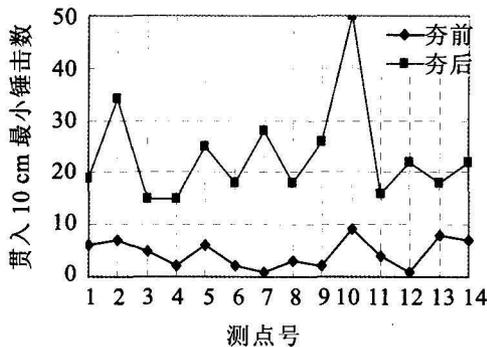


图1 上游重型动力触探击数比较

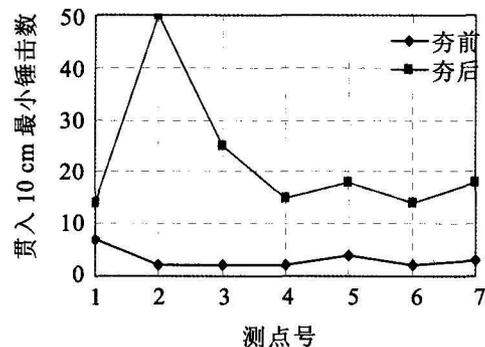


图2 下游重型动力触探击数比较

从图 1 可以看出: 强夯前, 上游各测点重型动力触探贯入 10 cm 的最小锤击数均小于 10 击, 而强夯后各测点的重型动力触探贯入 10 cm 的最小锤击数均大于或等于 15 击, 各测点均达到了设计要求的最小锤击数 ≥ 15 击的要求, 且强夯后, 上游各测点重型动力触探贯入 10 cm 的最小锤击数均明显大于强夯前各测点重型动力触探贯入 10 cm 的最小锤击数, 强夯前, 上游重型动力触探贯入 10 cm 平均最小锤击数为 4.5 击, 而强夯后达到了 14 击, 增长了 417.46%。这充分说明坝基经过强夯后, 土体得到紧密压实, 使得每一次重型动力触探所贯入的深度减小, 从而使得各测点重型动力触探贯入 10 cm 的最小总锤击数增大。

从图 2 可以看出: 强夯前, 下游各测点重型动力触探贯入 10 cm 的最小锤击数均小于 10 击, 而强夯后各测点的重型动力触探贯入 10 cm 的最小锤击数均大于或等于 14 击, 其中 1 号与 6 号测点基础以下为粉砂夹层, 强夯后最小锤击数为 14 击, 满足设计要求的粉细砂层 ≥ 14 击, 其余各测点均达到了设计要求的最小锤击数 ≥ 15 击的要求, 且强夯后, 下游各测点重型动力触探贯入 10 cm 的最小锤击数均明显大于强夯前各测点重型动力触探贯入 10 cm 的最小锤击数, 强夯前, 下游重型动力触探贯入 10 cm 平均最小锤击数为 3.14 击, 而强夯后达到了 22 击, 增长了 600%。这充分说明坝基经过强夯后, 土体得到紧密压实, 使得每一次重型动力触探所贯入的深度减小, 从而使得各测点重型动力触探贯入 10 cm 的最小总锤击数增大^[3-5]。

比较图 1 与图 2 我们可以看出, 通过强夯, 上、下游各测点重型动力触探贯入 10 cm 最小锤击数均有明显增加, 说明强夯对增加基础重型动力触探贯入 10 cm 最小锤击数效果显著; 但是, 从两图中可以看出, 下游各测点强夯前的重型动力触探贯入 10 cm 平均最小锤击数小于上游的平均最小锤击数, 而强夯后的结果却相反, 这说明下游的强夯效果在重型动力触探贯入方面比上游的强夯效果要更好。

3.2 强夯前后地基承载力比较分析

通过对上、下游强夯面随机选点进行地基承载力检测, 并与强夯之前各点进行比较, 得到如图 3(上游)与图 4(下游)所示的数据。

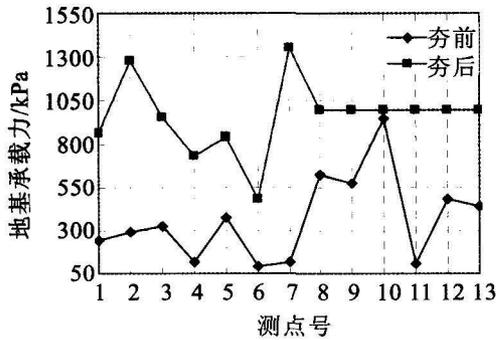


图 3 上游地基承载力比较

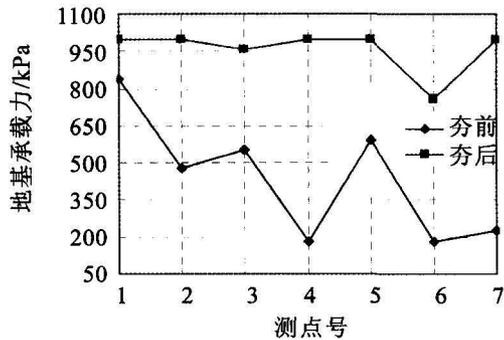


图 4 下游地基承载力比较

从图 3 可以看出: 上游各测点强夯后的地基承载力均明显高于强夯前各测点的地基承载力. 强夯前, 地基承载力最低值为 90 kPa, 最高值为 947 kPa, 测点平均地基承载力为 363.08 kPa; 强夯后, 地基承载力最低值为 480 kPa, 最高值为 1 355 kPa, 测点平均地基承载力为 958.46 kPa, 强夯后上游平均地基承载力较强夯前提高了 163.98%. 这说明上游坝基经过强夯后, 土体内气体被挤出, 土体得到紧密压实, 从而提高了地基的承载力。

从图 4 可以看出: 下游各测点强夯后的地基承载力也均明显高于强夯前各测点的地基承载力. 强夯前, 地基承载力最低值为 180 kPa, 最高值为 840 kPa, 测点平均地基承载力为 435.71 kPa; 强夯后, 地基承载力最低值为 760 kPa, 最高值为 995 kPa, 测点平均地基承载力为 956.14 kPa, 强夯后上游平均地基承载力较强夯前提高了 119.14%. 这说明下游坝基经过强夯后, 土体内气体被挤出, 土体得到紧密压实, 从而提高了地基的承载力。

比较图 3 与图 4 可以看出, 通过强夯, 上、下游各测点地基承载力均得到明显提高, 这说明强夯能够很大程度上提升基础的承载能力; 但是另一方面, 强夯前上游的平均地基承载力比下游的低, 而强夯后却比下游的要高, 这说明强夯在提高地基承载力方面上游的效果要比下游的效果更加显著。

3.3 强夯前后土体干密度比较分析

通过对上、下游强夯面随机选点进行土体干密度检测, 并与强夯之前各点进行比较, 得到如图 5(上游)与图 6(下游)所示的数据。

从图 5 可以看出: 上游各测点强夯后的土体干密度均大于强夯前各测点的土体干密度. 强夯前, 上游测点土体干密度最小值为 1.94 g/cm³, 最大值为 2.18 g/cm³, 测点平均土体干密度为 1.97 g/cm³; 强夯后测点土体干密度最小值为 2.01 g/cm³, 最大值为 2.32 g/cm³, 测点平均土体干密度为 2.12 g/cm³, 强夯后上游土体平均干密度较强夯前提高了 7.18%. 这说明上游基础经过强夯, 土体内间隙减小, 孔隙率降低, 土体得到压实, 体积减小, 从而使得干密度增加。

从图 6 可以看出: 下游各测点强夯后的土体干密度均大于强夯前各测点的土体干密度. 强夯前, 下游测点土体干密度最小值为 1.95 g/cm³, 最大值为 1.98 g/cm³, 测点平均土体干密度为 1.96 g/cm³; 强夯后测点土体干密度最小值为 2.01 g/cm³, 最大值为 2.30 g/cm³, 测点平均土体干密度为 2.12 g/cm³, 强夯后上游土体平均干密度较强夯前提高了 8.23%. 这说明下游基础经过强夯, 土体内间隙减小, 孔隙率降低, 土体得到压实, 体积减小, 从而使得干密度增加。

比较图 5 与图 6 可以看出, 通过强夯, 上、下游各测点土体干密度均有所增加, 这说明强夯在某种

程度上能较好地增加土体的干密度;但是,强夯前,上游的土体平均干密度比下游的低,而强夯后上、下游测点土体平均干密度水平相当,这说明强夯在增加土体干密度方面上游效果优于下游效果.

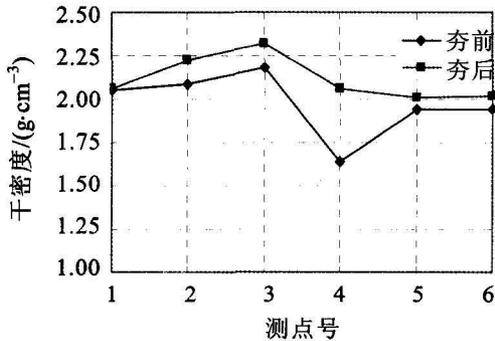


图 5 上游土体干密度比较

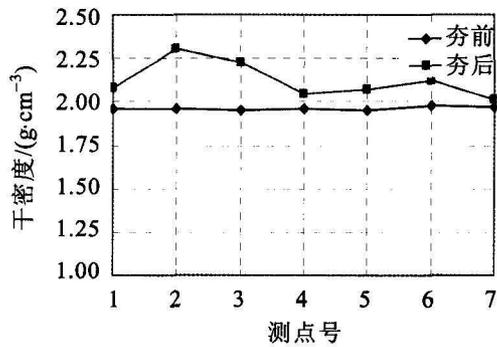


图 6 下游土体干密度比较

3.4 强夯前后土体含水率比较分析

通过对上、下游强夯面随机选点进行土体含水率检测,并与强夯之前各点进行比较,得到如图 7(上游)与图 8(下游)所示的数据.

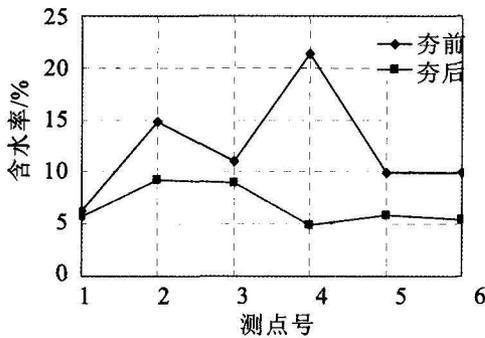


图 7 上游土体含水率比较

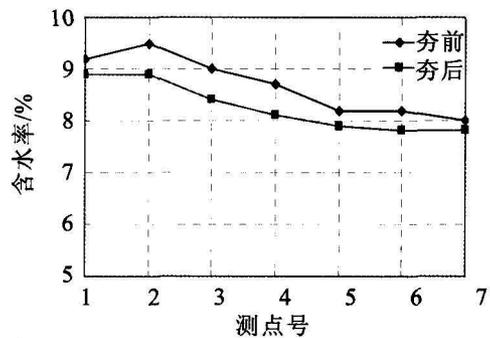


图 8 下游土体含水率比较

从图 7 可以看出:上游各测点强夯后的土体含水率均低于强夯前各测点的土体含水率.强夯前,测点土体的最低含水率为 6.2%,最高含水率为 14.8%,平均含水率为 12.18%;强夯后,测点土体的最低含水率为 5.7%,最高含水率为 9.3%,平均含水率为 6.68%,上游土体平均含水率强夯后较强夯前降低了 45.14%.这说明上游基础经过强夯,土体间隙内水分被排出,含水率得以降低.

从图 8 可以看出:下游各测点强夯后的土体含水率均低于强夯前各测点的土体含水率.强夯前,测点土体的最低含水率为 8.2%,最高含水率为 9.5%,平均含水率为 8.69%;强夯后,测点土体的最低含水率为 7.8%,最高含水率为 8.9%,平均含水率为 8.26%,下游土体平均含水率强夯后较强夯前降低了 4.93%.这说明下游基础经过强夯,土体间隙内水分被排出,含水率得以降低.

比较图 7 与图 8 可以看出,通过强夯,上、下游各测点土体含水率均有所降低,说明强夯对降低土体含水率效果较明显;但是另一方面,强夯前上游基础的平均含水率高于下游,而强夯后却低于下游基础平均含水率,这说明强夯在降低土体含水率方面,上游强夯效果优于下游强夯效果.

4 总结

1) 强夯能够增加重型动力贯入 10 cm 最小锤击数.上游重型动力触探贯入 10 cm 平均最小锤击数从 4.5 击增加到 23.28 击,增加了 417.46%;下游重型动力触探贯入 10 cm 平均最小锤击数从 3.14 击增加到 22 击,增加了 600%;

2) 强夯能够提高地基承载力.上游平均地基承载力从 363.08 kPa 提高到 958.46 kPa,提高了 163.98%;下游平均地基承载力从 435.71 kPa 提高到 956.14 kPa,提高了 119.44%;

3) 强夯能够增加土体干密度. 上游土体平均干密度从 1.97 g/cm^3 增加到 2.12 g/cm^3 , 增加了 7.18%; 下游土体平均干密度从 1.96 g/cm^3 增加到 2.12 g/cm^3 , 增加了 8.23%;

4) 强夯能够降低土体含水率. 上游土体平均含水率从 12.18% 降低到 6.68%, 降低了 45.14%; 下游土体平均含水率从 8.69% 降低到 8.26%, 降低了 4.93%.

强夯法处理地基具有设备简单、施工便捷、适用范围广、节省材料、工期短等优点, 在今后的工程施工中必将得到进一步的应用.

参考文献:

- [1] 李保华, 安明. 强夯法加固地基的夯点间距与布置形式的探讨[J]. 施工技术, 2007, 36(9): 55-56.
- [2] 蒋洋, 孙文彬, 柴贺军. 填方路基强夯加固效果及影响因素研究[J]. 工程勘察, 2007, (12): 6-8.
- [3] 李健. 强夯加固填土的试验研究与加固机理浅析[J]. 山西建筑, 2008, 34(16): 106-107.
- [4] 吴道祥, 刘刚, 王国强. 强夯与强夯置换碎石桩复合地基承载力的试验研究[J]. 合肥工业大学学报: 自然科学版, 2008, 31(4): 622-624.
- [5] 潘玉龙. 坝基强夯的应用与效果判别[J]. 科技情报开发与经济, 2010, 20(1): 171-172.

(责任编辑: 江河)

(上接第 42 页)

- [6] 侯森林. 3 种犬科动物直针毛显微形态学特征观察[J]. 安徽农业学报, 2009, 37(31): 15272-15274.
- [7] 李维红, 高雅琴, 王宏博, 等. 动物毛皮种类的鉴别方法[J]. 经济动物学报, 2008, 12(3): 141-144.
- [8] 林建新. 犬科动物针毛结构的扫描电镜观察[J]. 四川动物, 2010, 29(3): 422-423.
- [9] 赵青, 胡中, 鲍毅新, 等. 5 种鼠类针毛结构的扫描电镜分析[J]. 浙江师范大学学报: 自然科学版, 2005, 28(1): 71-75.
- [10] 张伟, 徐艳春. 毛发微观结构研究的回顾与展望[J]. 兽类学报, 2003, 23(4): 339-345.
- [11] 刘微, 化彦, 马跃, 等. 藏羚冬季绒毛的形态结构[J]. 兽类学报, 2010, 30(2): 234-238.

(责任编辑: 谭长贵)

(上接第 67 页)

- [3] 王艳宁, 梁中华, 苗立贤, 等. 防止低合金高强度结构钢热镀锌层灰暗的措施[J]. 材料保护, 2005, 38(6): 64-66.
- [4] Chen Z W, Kennon N F, See J B. Technigalva and other developments in batch hot-dip galvanizing[J]. JOM, 1992, 44(1): 22-26.
- [5] 孔纲, 卢锦堂, 陈锦虹, 等. 热浸 Zn-Ni 合金镀层技术的研究与应用[J]. 腐蚀科学与防护技术, 2001, 13(4): 223-225.
- [6] 李发国, 尹付成, 苏旭平, 等. 钴对含硅钢热浸镀锌层组织和生长动力学的影响[J]. 中国有色金属学报, 2010, 20(1): 86-91.
- [7] 汤猷则. 热浸镀锌及其工艺[J]. 新技术新工艺, 1994, 4: 35-36.
- [8] 中华人民共和国公安部. GB50348-2004 安全防范工程技术规范[S]. 北京: 中国计划出版社, 2004.
- [9] 田伟, 谢发勤, 吴向清. Ni 含量对 Zn-Ni 合金镀层的耐蚀性影响[J]. 腐蚀科学与防护技术, 2008, 20(4): 272-274.

(责任编辑: 江河)