

固原市乃河水库除险加固工程坝基角粒液化的处理分析

樊佰城

宁夏固原市水利勘测设计院

摘要: 乃河水库坝基深度大, 坝基液化处理投资高难度大, 为了结合乃河水库工程实际情况对坝基液化处理确定切实可行的处理方案。

关键词: 盐化工; 扶贫; 示范区; 宁夏固原

【DOI】 10.12254/j.issn.2096-6539.2020.11.174

前言

乃河水库始建于1972年, 水库最近的加固工程于2002年10月完成。水库坝体地层年代为第四纪更新世Q₃或以前的土, 为不液化; 地震动峰值加速度0.20g的地区, 土中粘粒含量大于18.0%, 可判定为非液化土层; 土的粒径小于5mm颗粒含量的质量百分率小于或等于30%时, 可判为不液化; 正常运用后, 地下水位以上的非饱和土, 可判为不液化土层。壤土、粘土及④₃角砾、砾砂(Q₃)为非液化土层。②₂、②₃角砾、砾砂(Q₄^{lapl})为稍密~中密状态(N_{63.5}=8~12), 相对密度小于75%, 为液化土层, 为了结合工程实际情况对坝基液化处理确定切实可行的处理方案, 进行论证。

一、液化处理方案

鉴于《中国地震动参数区划图》(GB18306-2015)2016年6月1日刚刚开始执行, 而本工程为已建工程, 如按新标准判定的地基液化土进行处理, 本工程最大坝高38.4m, 如采用振冲法处理坝基下液化土, 需钻孔深度近50m处理坝下6~10m厚度的液化土, 处理范围约为50m×100m, 经初步估算, 需增加工程投资约1110万元, 处理代价很高。

由于前坝坡脚淤泥面高度已大于10.0m已经稳定, 所以拟定对角砾层液化采用坝后盖重的方式进行处理。

根据地质资料, 坝基角砾层顶高程平均在1744m左右, 结合现状坝高及相关工程经验, 盖重厚度按10.0m设计, 则设计盖重顶高程为1754.0m, 现状坝后坡脚高程为1747.0~1750.0m左右, 设计对桩号0+175-0+375段进行盖重处理, 盖重设计顶宽为30.00m, 盖重后边坡为1:2.5, 盖重后对边坡采用隔条加草皮护坡, 盖重回填土压实度不小于0.98。经计算, 盖重后满足稳定要求。

二、覆盖层基础地震液化计算分析

(一) 计算方法

根据《土石坝地震工程学》, 水平地基的地震液化计算, 有三种计算方法, 一是剪应力对比法; 二是seed简化法; 三是有效应力法。本次计算受试验参数限制, 采用seed简化法。

seed简化法假定切出的地基为一根刚体土柱进行计算, 且所有的关系曲线都是通过归纳许多试验成果而得出的。

相应于均匀循环应力的有效平均动剪应力计算公式为:

$$\tau_d = 0.65 g_a g z K_{\eta}$$

上式中: τ_d —等效平均动剪应力;

g_d —最大动剪应力折减系数; 按《土石坝地震工程学》P164图4.50、表4.2确定(地面以下12m范围内可取平均值; 大于12m时, 为了有一定的安全系数, 可从图4.50取最大值计算), 本工程查取值为0.92;

g —地基砂砾石的重度, 取1.81g/cm³;

z —计算深度, 取8.0m;

K_{η} —地面最大水平向地震加速度系数。

地基土的循环抗剪强度的计算公式为:

$$\tau_{df} = \left(\frac{\sigma_d}{2\sigma_a} \right)_{0.5} \cdot \frac{D_r}{0.5} C_r \sigma_z'$$

上式中: $\left(\frac{\sigma_d}{2\sigma_a} \right)_{0.5}$ —地基相对密度为0.5时的动剪应力比,

按《土石坝地震工程学》P165图4.51查取;

D_r —地基各高程的相对密度, 以小数计;

C_r —相应于大型振动单剪试验及地基实际液化的经验性折减系数, 按《土石坝地震工程学》P165表4.3取值;

σ_z' —地基各高程的有效竖向正应力, $\sigma_z' = g \phi z$, $g \phi$ 为地基砂砾石的浮容重。

当地基某高程的动剪应力 τ_d 大于该高程地基的循环抗剪强度 τ_{df} , 则该处液化; 否则, 该处不液化。

(二) 计算参数

1. 相对密度 D_r

根据《乃河水库除险加固工程地质勘察报告》, 坝基砾石中密状态, 相对密度平均0.62, 计算时取 $D_r=0.62$ 。(注: seed简化法计算公式限于 $D_r=0.5\sim 0.8$)

2. 平均粒径 d_{50} 的确定

物理力学性质及颗粒分析成果表明: 砾砂土中小于5mm颗粒占99.7%, 平均粒径 d_{50} 为1.4mm, 计算时平均粒径 d_{50} 取1.4mm。

3. 重度、浮重度

根据覆盖层物理性质试验成果汇总表, 密度平均值为 $\rho = 1.81\text{g/cm}^3$, 则对应的地基土的重度为 $\gamma = \rho g = 18.1\text{kN/m}^3$ 。孔隙比 e 取0.60。

比重取2.71进行计算。

根据土力学公式, 计算饱和容重 γ_{sat} 和浮容重 γ' :

$$\gamma_{sat} = \frac{(G+e)\gamma_w}{1+e} = \frac{(2.71+0.60) \times 10}{1+0.60} = 20.69\text{kN/m}^3$$

$$\gamma' = \gamma_{sat} - \gamma_w = 10.69\text{kN/m}^3$$

4. 关于等效振动次数的确定

等效振动次数本应由试验取得, 而现在暂时还没有此试验数据, 只有用seed的经验值来确定。本工程设计地震烈度为VII度, 等效振动次数取10次进行计算。

5. 计算结果及结论

对坝基砂砾石层分层做了计算, 计算结果汇总见下表:

地震烈度为VII度时覆盖土后砂砾石可能液化计算结果表

深度z (m)	$\gamma_{sat} h$	γd	Td (kpa)	Cr	$\gamma' h$ (kpa)	$(\sigma_d/2\sigma_a)_{0.5}$	Tdf (kpa)
8	165.52	0.921	4.7892	0.55	82.88	0.26	9.13
12	248.28	0.85	6.63	0.6	124.32	0.26	21.8
16	331.04	0.765	7.956	0.63	165.76	0.26	36.38

从计算结果来看, 盖重后均不会发生液化。

三、结论及建议

坝基液化处理常用方法为振冲法效果良好, 振冲法原理是以起重机吊起振冲器, 从地面向孔内逐段填入碎石, 在振动影响下被振密挤实, 达到要求的密实度, 从而在地基中形成一个大直径的密实桩体。形成桩体与土组的复合地基。以消除地层液化土体。但是由于乃河水库为已建工程除险加固, 液化土层位于坝体以下50m, 振冲法钻孔难以实现, 且振冲器振动影响下会造成坝体破坏, 鉴于乃河水库前坝坡脚淤泥面高度已大于10.0m已经稳定, 所以经论述计算对角砾层液化采用坝后盖重的方式进行处理不失为简便可行之举。

参考文献

- [1] 杨祯和. 帷幕灌浆在水库除险加固工程大坝坝基处理中的实践[J]. 防护工程, 2018年第32期.
- [2] 徐安诺. 帷幕灌浆在水库除险加固工程大坝坝基处理中的应用[J]. 水利规划与设计, 2016(7): 108-111.