

# 曹妃甸供水工程蓄水池地基处理浅析

□鲁虎成

曹妃甸工业区供水工程蓄水池位于工业园区内,担负着首钢工业基地钢厂、电厂、LNG、矿石和原油码头及5万城镇居民生活用水供水工程事故检修时的临时供水和正常运行时的调节任务,对于保障用户水量和提高供水系统保证率起着重要作用。蓄水池围堤坐落在人工吹填土上,蓄水池面积19.84hm<sup>2</sup>,蓄水池总容积94.6万m<sup>3</sup>,有效容积90万m<sup>3</sup>,设计蓄水位7.5m,设计水深7.5m。

## 1.主要地质问题

### 1.1 软土地基沉降

蓄水池地基土中分布有海相沉积的壤土和淤泥质壤土层,压缩性高,力学性状较差,尤以淤泥质土层最为软弱。上述两种土质具有含水量高,孔隙比大,承载力低的工程特性,易产生压缩沉降变形,抗滑稳定性较差,对建筑物稳定十分不利。

### 1.2 砂性土液化

工程区地处7°地震基本烈度区。根据地质勘查情况,建筑物地基中的砂性土(砂性土指粉砂和砂壤土)处于饱和状态,有发生液化的可能。蓄水池大部为中等液化,局部为严重液化,个别地段为轻微液化。工程区内可能发生液化的砂性土埋深范围在3.5~11.9m之间,高程在1.23~7.53m以内。

## 2.处理思路及方案

软弱地基上地震液化的工程地基处理较多,常见的方法有振冲法、排水强夯法、真空预压法、混凝土框格围封法等,多采用单一方法进行处理。蓄水池围堤为柔性结构,适应变形能力强,地基承载力随坝体的预压而增长,主要通过控制填筑速度避免地基发生挤出破坏,地基处理的主要目的是避免地震液化对坝体的影响,其次为减少穿堤建筑物的不均匀沉降和坝坡护砌后因坝体沉降造成的脱空问题。

根据工程特点、地质情况和工程经验,地基处理措施比较了振冲法、排水强夯法和真空预压法3种方法。

### 2.1 方案比选

振冲法可以先期施工振冲碎石桩,沿蓄水池周边形成排水通道,利于施工期排水,而且,振冲碎石桩处理后的地基抗剪切强度提高。振冲法在蓄水池周边缘形成排水通道,利于蓄水池开挖,其施工工艺成熟,工期短,效果评价直观,缺点是投资高。

排水强夯法在震冲法的基础上将桩间距加大,利用强夯产生的巨大能量扩散到桩体中,排开周围土体,同时,将空隙水积压到桩体中,通过桩体排出。桩体挤压周围土体形成土石混合体,达到消除液化的目的。排水强夯法同震冲法相同挤入碎石量的基础上投资更少,缺点是处理前需要进行现场试验验证其可行性。

真空预压法借助不透气膜通过射流泵和埋设在垫层中的塑料排水管,将土体中的空气抽出,形成真空,产生负压并通过排水板将软基中的地下水垂直排出地表,使地基压密,达到消除液化的目的。真空预压法具有加固费用低、无环境污染等特点。由于沿周边增加了隔水帷幕,阻断了外水补给,后期排水费用低,容易保证干场作业,缺点是真空预压法工期相比其他两种施工方案工期长,设置离心泵需要引接电源,处理效果需要通过试验验证。

通过上述方案对比,综合考虑施工环境、投资等因素,选用沉管碎石桩排水、强夯固结等组合工艺。先进行强夯预处理施工(为便于机械设备进场),再进行沉管碎石的施工,然后进行强夯的施工。先期施工振冲碎石桩,沿蓄水池周边缘形成排水通道,利于施工期排水,再进行强夯处理加速土体排水固结,最终达到提高承载力和处理地震液化的目的。

### 2.2 沉管碎石桩设计

碎石桩直径为400mm,桩长12m,

桩间距3.0m,等边三角形布桩,填料直徑采用小于5cm的新鲜碎石,要求碎石含泥量小于5%,根据处理面积计算,共布置碎石桩数量约10942根。

碎石排水桩施工工序可分为移机就位、沉管造孔、分层填料加密和成桩4道工序。

### 2.3 强夯设计

一是夯击工艺。强夯采用“夯二平一”工艺,即每个场区夯击3遍,点夯2遍,满夯1遍。二是夯点布置。点夯采用正方形布置夯点,夯点间距为5m×5m。三是夯击能及夯击次数。强夯第1遍、第2遍点夯单击夯击能不小于4000kN·m,强夯时点夯夯击次数采用8~10击。满夯单击夯击能为1000kN·m,每点夯2击,夯印搭接1/3锤底面积。四是间歇时间。根据本工程场地土情况,第1遍点夯与第2遍点夯之间需要间隔14天,第2遍点夯与满夯之间需要间隔14天。

## 3.结语

沿海吹填地区在高地下水位的情况下,饱和粉砂及砂壤土排水困难,不利于土体固结。针对软弱地基上地震液化和堤坡稳定问题,通过振冲法、排水强夯法、真空预压法、混凝土框格围封法等多方案对比,选用沉管碎石桩排水、强夯固结等组合工艺。通过以上措施结合排水方案,既解决了砂土液化和堤基不稳定问题,又将复杂的海上易液化环境简化为常规干场施工,该组合工艺在曹妃甸工业区蓄水池工程中得到了成功的实施,并在曹妃甸工业区内其他工程得到推广应用。

工程已竣工验收并安全运行5年多。在后期的运行过程中,应加强堤身的观测沉降和堤坡的渗透稳定观测,加强对工程设施及设备的监测和资料整理,为工程管理和类似工程建设提供宝贵的经验。□

收稿日期:2014-12-12

作者简介:鲁虎成,男,汉族,河北省水利水电第二勘测设计研究院,工程师。