

截、降结合技术在滨海建筑基坑降水工程中的应用

花仁荣 萧汉英 李艳成

(中国兵器工业勘察设计研究院 北京 100053)

【提要】本文叙述了采用截、降结合的技术方法,在倚河傍海的建筑基坑降水工程中,成功地用粘土防渗墙阻隔了海水的入侵,与地基处理方法相结合,用碎石桩排除槽底剩余水头,达到了降水技术要求,并介绍了一些因地制宜的成功经验。

【Abstract】 This paper introduces the technique combined of catching and dewatering. Adopting successfully the water-tight wall with clay to cut off the seawater permeating in the dewatering engineering near river or sea. It can satisfy the dewatering technical requirements combined with the foundation processing method, using stone column to remove the residual water pressure of pit bottom. And introduces some successful experience.

0 前言

改革开放以来,沿海地区的经济建设得到了迅速发展,建筑物的规模也愈来愈大,地下工程和建筑物基础的埋设深度也相应加大,在建筑基础施工中遇到地下水的问题也愈来愈复杂。特别是在填海造陆上进行建设的工程,不仅存在海水补给和潮汐水位多变的影响问题,而且在地层结构上除存在海陆交互的多层结构外,还存在填海堆积的杂填土(不少是建筑垃圾和生活垃圾,成份复杂,颗粒大小不等),透水性差异悬殊等问题,给基坑降水设计与施工造成许多困难,带来许多值得研究的课题。本文就青岛市海泊河污水处理厂基坑降水工程中A、B单元所遇到的问题和解决办法,作一介绍。

1 工程概况

青岛海泊河污水处理厂位于海泊河入海口前沿的南侧,西濒胶州湾,是青岛市兴建的大型污水处理工程,其中基础埋设较深的曝气沉砂池及格栅间(称A单元),B段曝气池与最终沉淀池(称B单元)及污泥消化池、消化车间(称C单元)需要进行基坑降水,降水面积分别为 2296m^2 , 17444m^2 和 7013m^2 。

潜水水位标高 $1.60\sim 1.90\text{m}$,承压水位标高 $0.90\sim 1.10\text{m}$,要求降低地下水位至标高 $-1.82\sim -6.00\text{m}$ (地面以下 $5.22\sim 9.50\text{m}$),其中A、B单元距离海边 $9\sim 10\text{m}$ (见图1)。

2 水文地质条件简述

海泊河污水处理厂地处胶州湾东岸,属河口三角洲前沿地段,为建港时填海造成的一片陆地,紧临大海,地形平坦,略向海倾斜,地面标高 $3.30\sim 3.60\text{m}$ 。

胶州湾海水潮汐每日二次,在降水期间,高潮位标高 $1.60\sim 2.30\text{m}$,低潮位标高 $-1.20\sim -1.70\text{m}$ 。

降水区地层,上部为杂填土,下部为海陆交互沉积,其成份和含水条件分述如下:

1. 杂填土,厚 $4.90\sim 8.20\text{m}$,为新近堆积的建筑垃圾和生活垃圾,成份复杂,堆积不匀,以砖、瓦、碎石和混凝土块为主。在堆填过程中由于受海水的浪击冲刷,杂填土中的细颗粒不少被淘移入海,使杂填土具有很强的渗透性,尤其是在海岸一线,更为明显,成为强富水带。经降水试验,渗透系

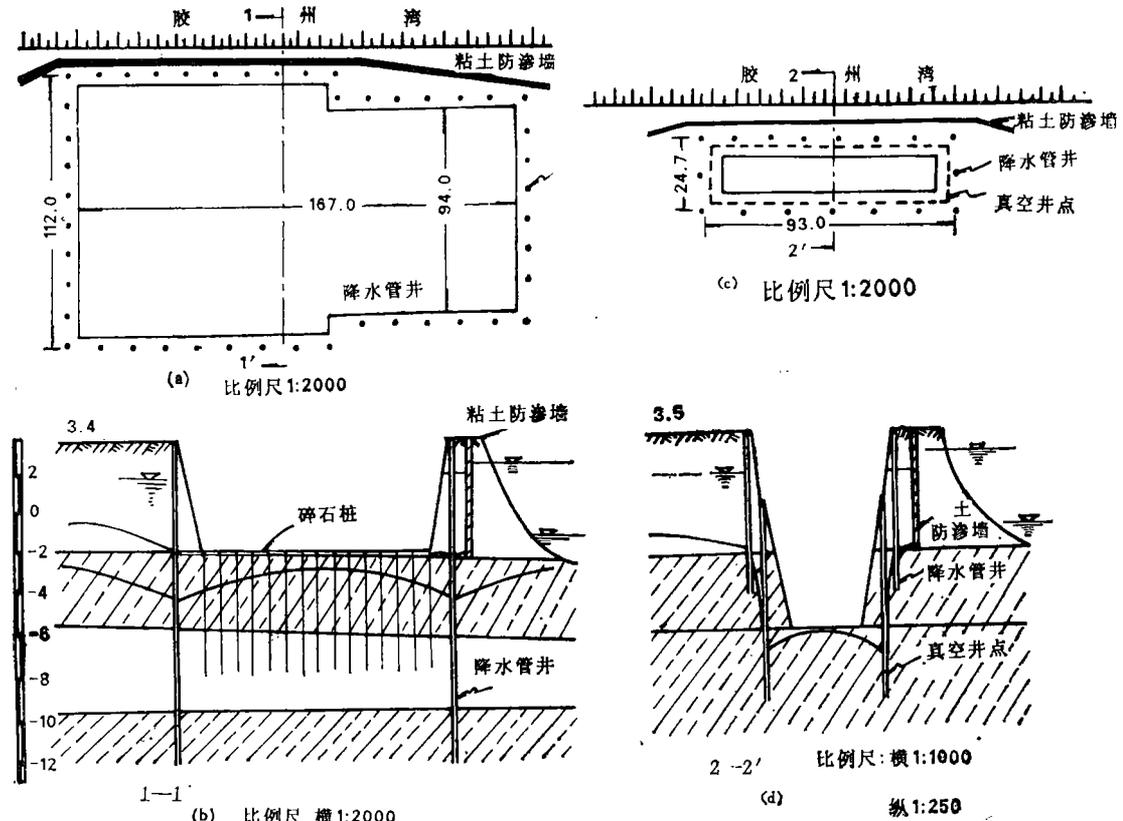


图1

数一般在 $25\sim 50\text{m/d}$,在海岸一带渗透系数高达 232m/d ,多处出现管涌,每遇高潮位时,海水倒灌,每处管涌流量达 $80\sim 100\text{m}^3/\text{h}$,严重威胁降水的正常进行。

地下水主要为海泊河水和海水入浸补给,地下水位主要随潮位变化而变化,日变化幅度 $0.5\sim 1.5\text{m}$,影响带宽度 120m 左右。

2. 淤泥质粉质粘土,灰黑色,厚 $1.80\sim 6.10\text{m}$,平均厚 3.80m ,软塑,为相对隔水层。

3. 角砾,厚 $0.90\sim 5.50\text{m}$,平均厚 2.99m ,以石英、长石为主,分选性较差,夹薄层砾砂,富含承压水,水位标高 $0.90\sim 1.10\text{m}$,经抽水试验求得,渗透系数为 29.6m/d ,引用影响半径为 500m 。此层在A单元缺失。

4. 粉质粘土,黄褐色,可塑,局部混有粗砂、砾石,为弱透水层。本层揭露厚度 2.60m ,未穿。

3 降水技术方法选择

根据本场地复杂的水文地质条件和降水深度要求,为确保基础安全施工,在确定降水技术方法时,需要考虑的几个问题:

(1) 海水高潮位时,海水大量涌入基坑,应如何有效地阻止海水入浸;

(2) B单元降水需疏干杂填土含水层的水,在大面积、大跨度基坑中,如何有效地排除杂填土层中的剩余水头;

(3) B单元降水,要考虑防止下层角砾含水层承压水头对基坑底板的顶托隆起和可能产生的突涌问题;

(4) 在A单元降水深度范围内,须同时疏干杂填土与其下部的淤泥质粉质粘土层中的水,在渗透系数、富水性差异悬殊的情况下,如何实现降水要求。

在降水工作实施之前,由于没有进行详细的水文地质勘察,未能提供降水设计所需资料,为正确合理地选择降水技术方法,进

行降水设计计算,我们决定先作勘探,进行降水试验,查明水文地质条件后,再确定降水总体方案。经过勘探试验,特别是经过沿海一侧10个降水管井的试抽(井间距9~10m,井深13~14m),抽水总量达250m³/h,井排水位降在高潮位时不足0.5m,而且在部分开挖的基坑段,多处出现管涌(每处管涌量达80~100m³/h),水量十分可观,并造成基坑边坡多处坍塌。通过勘探试验,揭露并查明了地下水与海水的补排关系,取得了有关水文地质参数,为正确解决上述四个问题提供了依据。

对于第一个问题:鉴于海水大量入浸的情况,仅采用管井降水势难满足降水要求,必须采取阻隔海水入浸措施。经过分析研究与小范围的防渗试验后,提出了截、降结合的降水技术方法,即在沿海岸一侧的基坑外缘3~4m修筑一道防渗墙,阻止海水的直接入浸,并在基坑四周布设降水管井,抽降地下水,达到基坑降水的要求。

防渗墙施工,先用挖掘机在沿海一侧挖一深槽,槽底宽1.0m,槽深揭穿杂填土层,至淤泥质粉质粘土层,边挖边向槽内填入粘土,形成一道粘土夹心防渗墙,防渗墙两端外延长度超出基坑范围外20m左右。

防渗墙建成以后,海水入浸情况大为改观,阻止了90%以上的海水入渗量,海水的潮汐影响大为降低,各降水管井的出水量均小于15m³/h,基坑的水位较快地达到了降深要求。

对于第二个问题:根据B单元降水深度要求,须将地下水位降至潜水含水层底板以下,对于大面积、大跨度(达112m)的降水工程而言,如何能最大限度地降低和疏干杂填土中地下水的剩余水头,也是相当困难的事。为满足基础施工要求,我们充分利用下层角砾含水层的有利条件,在基坑内布设了引渗砂井300多个,井间距8~10m,孔径300mm,深度10m左右(基本揭穿角砾含水

层),孔内充填粗砂砾石,沟通潜水含水层与下部承压含水层的水力联系。同时设计降水管井为贯穿潜水含水层与承压含水层,对这两层水同时抽降,降深大于基坑降水要求的深度,这样可以使降水过程中潜水含水层底板残留的剩余水通过引渗砂井疏导至下部角砾含水层中,并一并由降水管井抽出排走,从而达到基坑内潜水层剩余水头的最有效的降低或疏干,保证基础施工。

在降水实施过程中,B单元地基处理采用振冲碎石桩,桩长从基坑下部穿过软弱的淤泥质粉质粘土,进入下部角砾含水层。这种桩在导水性方面,类同于引渗砂井,同样可以起到引渗作用,可以代替引渗砂井。故此降水施工时免去了引渗砂井,实践结果,达到了预期效果。

对于第三个问题:B单元降水深度5.22m(标高-1.82m),而下伏角砾承压水水头标高为0.90~1.10m,承压水水头高出降水水位2.80~3.00m,而承压含水层的顶板淤泥质粉质粘土厚度为1.80~6.10m,在厚度小于3.00m的分布区,存在 $\gamma_h < \gamma_w H_w$ 的不平衡条件,如果只抽降上部潜水,不抽降承压水,承压水水头的顶托力有可能使基坑底局部产生拱起或剪切破坏,造成突涌,将直接影响基础施工,为防止这类事故的发生,故也必须设计降水管井为同时抽降潜水与承压水,将地下水位降至-1.82m以下,降水管井设计深度为14.00m,揭穿承压含水层,以保证地下水位的有效降低。

对于第四个问题:A单元所在地层结构与B单元所在地不同,它缺失角砾承压含水层,淤泥质粉质粘土层下为粘质粉土,这两层土与上部杂填土的渗透性差异悬殊,A单元降水要求深度又大,地面以下9.50m(标高-6.00m),即要求将地下水位降至粘性土层内4.40左右。对于这样条件的降水工程,采用B单元的降水方法难以奏效,因下层粘性土的渗透性很差,渗透系数在0.05~

0.20m/d之间,为有效地降低粘性土中的地下水位,必须采用真空井点降水。为此在降水方案设计中除对上部杂填土采用在靠海一侧建粘土防渗墙,阻止海水直接入浸,在基坑四周布设降水管井,抽降杂填土中的地下水外,又在粘性土中布置了真空井点,采用接力抽降的方法,降低地下水位。即用管井抽降杂填土中地下水,当水位降至标高±0.00m以下时,基坑开挖至该标高,然后在基坑四周施工真空井点,进行接力抽降(见附图A单元降水垂向剖面图)。采用这种方法,既可以疏干用管井难以抽尽杂填土中的剩余水流,又可以吸取粘性土中难以渗出的重力水,从而达到降水技术要求,实践证明是成功的。除部分因基坑边坡处理不当、损坏部分井点、影响抽降、造成基坑少量渗水,采用基坑内明排外,整个降水工程满足了基础安全施工。

4 降水设计与实施

根据降水场地含水层的结构、水力特性、降水技术要求、采用的降水技术方法以及防止海水入浸的处理情况,对A、B单元降水工程进行具体设计与实施。

4.1 布井方案

在沿海一侧建筑地下粘土防渗墙的条件

下,经过降水水位的预测计算与优化,确定的布井方案为:

4.1.1 A单元

沿基坑四周布置管井17个,井间距11~12m,井深揭穿杂填土并进入下部粉质粘土内2.0~2.5m(9~10m),孔径600mm,下入内径300mm的水泥砾石滤水管,井周填入滤料。成井后用潜水泵进行抽降。在地下水位降至标高±0.00m以下后,进行基坑第一步开挖,在粉质粘土中布设真空井点151个,井点间距1.5m左右,井点深10~11m,进入下部粘质粉土层内,孔径300mm,下入直径38mm的井点管,周围填入滤料,至离井口1m,用粘土进行封填,然后用射流泵进行接力抽降。

4.1.2 B单元

在杂填土布置降水管井48个,井间距9~12m,井深14m左右(揭穿下部角砾层),井结构同A单元管井,用潜水泵抽水,同时对杂填土、角砾含水层进行抽降。为排除基坑杂填土底板以上残剩的水头,在基坑内布置引渗砂井300个,井深11m,后为地基处理的碎石桩所替代。

4.2 水文地质参数

经勘探与多孔抽水试验求得(见表1):

表 1

降水单元		A			B		
		含水层厚度(m)	渗透系数(K)(m/d)	引用影响半径(m)	含水层厚度(m)	渗透系数(K)(m/d)	引用影响半径(m)
含水层	杂填土	4.20	22.50	130	3.56	40.00	150
	角砾				2.99	29.60	500
	粘性土	10.00	0.05~0.20	50			

注: B单元杂填土在靠近海岸区以建筑垃圾为主,颗粒较粗,加上在堆填过程中海浪的掏蚀,细颗粒被海水携带入海,改善了杂填土的渗透性,从局部开挖段水涌量测算,渗透系数达232m/d,但就整个B单元范围而言,渗透系数为25.0—50.0m/d。

4.3 边界处理

降水区傍海,杂填土潜水与海水联系密切,海水高潮位时,海水补给潜水;低潮位时,潜水排泄入海。在基坑降水的条件下,海水将源源不断地补给潜水,因此基坑靠海

一侧应是一个补给边界。但是在沿海岸一侧修筑地下防渗粘土墙以后,改变了原有的补排条件,大大减少了海水的侧渗补给,故已不能按傍海补给边界来进行降水区的水位预测计算。然而修筑的粘土防渗墙,由于是边

挖边填粘土,带水作业,粘土墙中夹杂了不少杂填土,使粘土墙具有一定的渗透性,又不能按隔水边界处理,为计算简便和安全起见,含水层近似按均质无界考虑。

下部角砾承压含水层,上覆淤泥质粉质粘土,隔水性能比较好,与海水联系不密切,故也按均质无界含水层考虑。

(1) 基坑排水量

$$A \text{ 单元 } Q_A = \frac{1.366k_1 (2H_1 - S_1) S_1}{n_1 \lg R_1 - \lg r_1 \cdot r_2 \cdot r_3 \cdots r_n} + \frac{1.366k_2 (2H_2 - S_2) S_2}{n_1 \lg_2 - \lg r_1 \cdot r_2 \cdot r_3 \cdots r_n} \quad (1)$$

$$B \text{ 单元 } Q_B = \frac{1.366k_3 (2H_3 - S_3) S_3}{n_2 \lg R_3 - \lg r_1' \cdot r_2' \cdot r_3' \cdots r_n'} + \frac{2.73k_4 MS_4}{n_2 \lg R_4 - \lg r_1' \cdot r_2' \cdot r_3' \cdots r_n'} \quad (2)$$

式中

Q_A, Q_B ——分别为A、B单元基坑排水量 (m^3/d) ;

k_1, k_2, k_3, k_4 ——分别为不同含水层的渗透系数(m/d);

H_1, H_2, H_3, M ——分别为潜水含水层与承压水含水层的厚度 (m) ;

S_1, S_2, S_3, S_n ——分别为不同含水层的水位下降值 (m) ;

n_1, n_2 ——分别为A、B单元的降水管井数 (个) ;

R_1, R_2, R_3, R_4 ——分别为不同含水层的引用影响半径 (m) ;

$r_1, r_2, r_3, \cdots r_n$ ——A单元各降水管井至基坑中心点的距离(m);

$r_1', r_2', r_3', \cdots r_n'$ ——B单元各降水管井至基坑中心点的距离 (m) 。

(2) 基坑水位降

根据降水区内含水层渗透性的差异和不同的水力特性,分别采用以下公式进行计算水位降。

$$S = H - \sqrt{H^2 - \frac{Q}{1.366K} \left[\lg R - \frac{1}{n} \lg (r_1 \cdot r_2 \cdot r_3 \cdots r_n) \right]} \quad (3)$$

$$S' = \frac{0.366Q}{MK} \left[\lg R - \frac{1}{n} \lg (r_1' \cdot r_2' \cdot r_3' \cdots r_n') \right] \quad (4)$$

水量,水位预测计算结果列于表2

表 2

项 目		数 量	项 目		数 量	
A 单 元	降水范围	2296m ²	B 单 元	降水范围	17444m ²	
	降水管井	17个		降水管井	48个	
	真空井点	151个		预测基坑出水量	2793m ³ /d	
	预测基坑出水量	738m ³ /d		实际基坑出水量	2220m ³ /d	
	实际 基坑出水量	685m ³ /d		要求水位降 (标高)	-1.82m	
	要求水位降 (标高)	-6.0m		实际水位降 (标高)	潜水层	-1.98m
	实际 水位降(标高)	-6.0m			承压水层	-2.91m

4.5 实施要点与效果

(1) 本场地水文地质条件复杂,地下水补给充裕,降水范围又大,水文地质勘察资料欠缺,为实现降水技术要求,满足基础安全施工,我们在降水工作中,始终贯彻以勘探试验为先导,降水施工与降水试验相结合的信息施工方法,查明水文地质条件,摸清拟采用的降水技术的有效性,权衡降水方案的正确性,然后再组织全面实施。为采用建筑地下粘土防渗墙,也是先小段试验,后全面实施,有效地阻隔了海水的入浸,为本降水工程的顺利进行打下了基础。为阻止海水入浸,曾考虑采用砼连续墙,费用70万元,现改用粘土防渗墙,施工简单,工期短,成本低,费用不足10万元。

(2) 本降水工程与地基处理方法相结合,取得了很好的降水效果与经济效益。在B单元降水方案设计时,曾单方面考虑在基坑内打300个引渗砂井,以降排杂填土中的剩余水头。后来经与地基处理有关方面的接触与研究,采用了碎石桩处理地基,这样既提高了天然地基强度,达到设计要求,又为降水消除槽底剩余水头创造了条件,免去了300个引渗砂井施工,节约了经费。

(3) 采用井内外洗井方法,保证了降水井的成井质量。即在成孔稀释泥浆下入滤水管以后,在井管外下入二根射流管,注入压力水,冲刷破坏钻孔泥浆壁,边冲边下滤

料边往上提,将降水含水层疏通,再进行井内抽水,达到较好的洗井效果,省事、省力、省时,质量有保证。

(4) 经过以上主要实施步骤,克服了降水工作中诸多复杂技术难题,取得了在滨海地区进行降水的一些经验,经降水效果监测,达到了预期的降水效果(见表2),较圆满地完成了降水任务。

5 结束语

(1) 在缺乏水文地质资料的地区,尤其是水文地质条件复杂的地区,进行基坑降水时,必须强调以勘探试验为依据,以降水设计作先导,以信息施工为基本方法,这样才能避免走弯路,少出差错,较好地完成降水任务;

(2) 降水设计必须因地制宜,多方案比较,注意与地基处理技术相结合,以达到事半功倍的降水效果与良好的经济效益;

(3) 采用井点(包括管井)降水,成孔质量固然重要,但更应强调洗井质量。洗井是关键,采用井内外结合的洗井方法是一种行之有效的的手段。

参 考 文 献

- 1 机械工业勘测单位编写组.供水水文地质手册.地质出版社,1977
- 2 林宗元主编.岩土工程治理手册.辽宁科学技术出版社,1993

(上接第46页)

近年来,我国城市建设用地日趋紧张,高层建筑大量增加,勘察质量的优劣日益受到人们广泛的关注。成功的岩土工程勘察报告,应能准确地反映建筑场地一定深度范围内地基土层的客观实际,提供可靠的勘察成果;结合工程特点,最大限度地挖掘地基土层的承载能力,提出安全、经济的地基基础

方案。勘察工作的失误(甚至疏忽)造成的经济损失是相当惊人的。由本文所提供的实例可见一斑。

注:本文遵循《北京地区建筑地基基础勘察设计规范》(DBJ01—501—92),文中单位、代号等与上述《规范》一致者,不再另注说明,以节省篇幅。