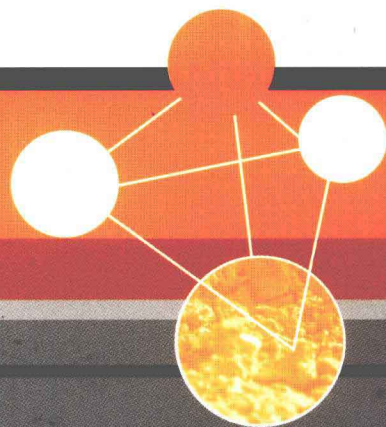


软土地区基坑工程 支护设计实例

郑刚 刘瑞光 主编



中国建筑工业出版社

软土地区基坑工程支护设计实例

郑 刚 刘瑞光 主编

中国建筑工业出版社

图书在版编目(CIP)数据

软土地区基坑工程支护设计实例/郑刚,刘瑞光主编.

—北京:中国建筑工业出版社,2011.9

ISBN 978-7-112-13527-1

I. ①软… II. ①郑… ②刘… III. ①软土地区—基坑工程—坑壁支撑—建筑设计 IV. ①TU46

中国版本图书馆CIP数据核字(2011)第177290号

软土地区基坑工程支护设计实例

郑刚 刘瑞光 主编

*

中国建筑工业出版社出版、发行(北京西郊百万庄)

各地新华书店、建筑书店经销

华鲁印联(北京)科贸有限公司制版

北京同文印刷有限责任公司印刷

*

开本:787×1092毫米 1/16 印张:25¼ 字数:625千字

2011年10月第一版 2011年10月第一次印刷

定价:58.00元

ISBN 978-7-112-13527-1

(21292)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题,可寄本社退换

(邮政编码 100037)



前 言

天津市位于渤海西岸、华北平原内的海河流域，地貌特征以冲积平原为主，天津市在155m深度范围内的地基土层，按其形成的地质时代和成因类型可划分为15个成因层。埋深约5m以上的地层均为海退后形成。天津地区地基土层受沉积环境、海进、海退以及海陆交互作用的影响，土质软弱，特别是在滨海新区有较为广泛软弱土层分布，而且土层的变化比较复杂，渗透系数变化大。

天津市区和滨海新区除有广泛软弱土层分布外，水文地质条件也较为复杂，第四系地下水系统可分为四个孔隙含水组，与地下工程建设密切相关的为第Ⅰ含水组，即含水层底界面埋深20~60m的全新统潜水含水层，地下潜水位埋深浅，一般离地表面0.4~2.1m，由杂填土、粉土、黏土、粉砂组成。浅部的粉土或砂土层中的地下水具有微承压性，深部影响范围内存在承压水头较高的承压含水层。潜水与微承压水的相互渗透补给又进一步增加了地质条件的复杂性。容易出现因流砂、管涌、坑底失稳、坑壁坍塌等而引发的工程事故，造成周围地下管线和建（构）筑物不同程度的损失。因此，基坑与地下工程的设计、施工具有较大的挑战性。

近年来，随着天津市的快速发展，特别是以地下铁道、大型交通枢纽为代表的城市地下工程以及高层建筑与超高层建筑的发展，深基坑的开挖深度越来越大，已有很多基坑深度达到20~30m，多个工程开挖深度已超过30m，例如，天津站交通枢纽工程，地下四层部分的最大开挖深度达到32.5m等。这些深基坑工程的突出特点是，其设计与施工除需保证深基坑工程自身的技术合理与安全外，还需控制其施工对环境的影响。由于我国深基坑工程发展的历史不长，在理论研究、设计方法、施工经验、施工管理、监测手段等各方面均显得不足。因此，从根本上加强深基坑工程相关理论的研究和经验总结，不断改进与完善设计方法，改进现有施工工法与发展新的工法，改进与发展施工监测技术从而提高信息化施工水平等是提高基坑工程整体水平的关键。

天津市建设科技委员会在天津市建设交通委员会领导下，组织天津市及全国一些专家，在天津市已完成的数百个工程中，精选出近40项有代表性的基坑工程，对这些基坑工程的支护设计、施工及监测进行了详细介绍并进行了经验总结，期望对广大同行起到参考作用。

本书适合深基坑工程科研、设计、施工、监测等相关技术人员使用。

2011年4月

目 录

重力式挡墙与重力坝

国家动漫产业综合示范园项目01-03地块基坑工程实例	3
大唐电信天津产业园区工程一期基坑支护工程实例	10

钻孔灌注桩支护+水平支撑

云滨大厦基坑工程实例	21
天津大悦城C地块基坑工程实例	33
中船重工大厦基坑工程实例	46
天津响螺湾中心商务区奈伦国贸大厦基坑支护工程实例	55
天津津门基坑工程实例	63
大岛写字楼基坑工程实例	76
河东万达广场基坑工程实例	87
弘泽·湖畔国际广场基坑工程实例	96
康居园·城市之光基坑支护工程实例与分析	103
天津市第一中心医院东方器官移植中心基坑支护工程实录	109

地下连续墙+水平支撑

海河隧道基坑工程实例	119
天津津塔基坑工程实例	129
泰安道五号院基坑工程实例	142
肿瘤防治研究综合楼基坑工程实例	158
某人防办公楼基坑工程实例	167
天津和黄大厦基坑工程实例	178
天津阳光晶典苑基坑支护工程实例	191
建设路达文里配套公建基坑支护工程实例	200

地下连续墙（排桩）+反压土

翔宇广场基坑工程实例	211
------------------	-----

仁恒海河广场基坑工程实例	220
大悦城B区基坑工程实例	233
天津站主广场基坑工程实例	246
天津滨海国际会展中心二期基坑工程实例	264

型钢水泥土墙+水平支撑

大岛公寓及商业街区基坑工程实例	275
诺和诺德（中国）制药有限公司二期扩建工程基坑工程实例	284
燕赵大厦基坑工程实例	291
空客A320系列飞机中国总装线项目基坑工程实例	298

双排桩支护

仁恒滨河水岸工程基坑支护基坑工程实例	309
天津阳光壹佰国际新城西园基坑支护工程实例	318

复合土钉

张自忠路下沉地道工程实例	329
天津富力城6号地工程实例	339

多种支护形式组合

文化中心大剧院及周边地库基坑工程实例	349
津湾广场基坑工程实例	362
罗兰商务中心二期工程基坑工程实例	373
芥园水厂改造基坑工程实例	379

其 他

天津地铁2号线盾构下穿海河工程	387
-----------------------	-----

重力式挡墙与重力坝

坑深度最深 4.99m，主楼地下室间设有设备管道，其基坑深度按 4.99m 考虑；01-03 地块为地下车库，与中新大道间距约 28.9m，现场内地坪标高最高处为大沽 4.62m，设计坑底标高为大沽 -2.15m，基坑深度最深为 6.77m。

02 地块为研发与孵化区，本次仅涉及其中三个地块，分别为 02-01 地块（研发与孵化办公楼）、02-02 地块（研发与孵化办公楼）及 02-03 地块（研发与孵化办公楼）。

02-01 地块现场内地坪标高最高处为大沽 4.24m，主楼实际坑底标高为大沽 -1.93m，局部电梯井大沽 -3.53m，基坑深度按最深处 6.17m 考虑；地下车库场内地坪标高最高处为大沽 3.85m，实际坑底标高为大沽 -1.68m，基坑深度最深 5.53m。

02-02 地块现场内地坪标高按大沽 4.0m 考虑，坑底标高为大沽 -1.70m，基坑深度 5.70m。

02-03 地块现场内地坪标高按大沽 4.0m 考虑，坑底标高为大沽 -1.70m，基坑深度 5.70m。

本工程的特点是：

(1) 基坑支护面积大，分为 3 个地块。

(2) 现场在基坑开挖深度范围内大面积分布有新吹填、处于流动状态的淤泥层，土质极其软弱。

二. 工程地质与水文地质条件

1. 工程地质条件

根据天津市勘察院《天津生态城市政景观有限公司国家动漫产业综合示范园岩土工程详细勘察报告》，本场地缺失全新统新近组坑底淤积层（地层编号 2），古河道、洼淀冲积层（地层编号 3），全新统上组沼泽相沉积层（地层编号 5）。该场地埋深 50.00m 深度范围内，地基土按成因年代可分为 8 层，按力学性质可进一步划分为 12 个亚层。其中人工填土层（Qml）全场地均有分布，厚度变化较大，一般为 1.80~3.90m，2019、2021、2023、2024 号孔附近厚度较大为 4.30~5.30m，2033 号孔厚度较小为 0.80m，底板标高一般为 1.00~-1.10m，2022、2033、2090 号孔底板标高为 3.10~1.54m。主要由冲填土（地层编号 1）组成，呈褐灰色，流塑状态，无层理，含腐殖物，主要由淤泥、流泥组成。

各土层土性指标统计如表 1 所示，上部土层抗剪强度指标统计见表 2。

该工程的特点是，在基坑开挖深度范围内分布有一层吹填土，吹填年限不足一年，且吹填土未经真空预压等处理方法处理，土质极软，强度极低，呈流动状态。

基坑涉及深度各土层土性指标

表 1

层号	土 层	w (%)	γ (kN/m ³)	e	I_p	I_L	a_{1-2} (1/MPa)	E_{s1-2} (MPa)
1	吹填土	80.41	15.56	2.12	24.0	2.09	3.06	1.10
4	黏土	41.42	18.06	1.16	19.8	1.04	0.75	2.85
6 _a	粉土	23.35	19.87	0.67	-	-	0.12	14.12
6 _b	粉质黏土	32.57	18.80	0.92	12.2	1.21	0.45	4.23
6 _c	粉质黏土	29.57	19.22	0.82	11.3	1.19	0.34	5.25
6 _d	粉质黏土	30.40	19.13	0.85	12.6	1.01	0.42	4.47

续表

层号	土 层	w (%)	γ (kN/m ³)	e	I_p	I_L	a_{1-2} (1/MPa)	E_{s1-2} (MPa)
7	粉质黏土	29.84	19.22	0.84	13.4	0.67	0.41	4.43
8	粉质黏土	23.26	20.20	0.66	12.5	0.55	0.31	5.22
9 _a	粉质黏土	23.64	20.21	0.67	12.5	0.57	0.32	5.21

土层抗剪强度指标

表 2

层号	岩 性	直剪快剪标准值		固结快剪标准值	
		c (kPa)	φ (°)	c (kPa)	φ (°)
4	黏土	16.8	5.5	18.0	8.0
6 _a	粉土	11.6	28.5	10.0	20.0
6 _b	粉质黏土	11.5	19.0	11.9	19.4
6 _c	粉质黏土	10.9	20.9	11.5	22.2
6 _d	粉质黏土			14.0	20.0
7	粉质黏土			17.5	16.5
8	粉质黏土			18.7	12.9
9 _a	粉质黏土			20.0	16.0

2. 水文地质条件

勘察期间静止水位埋深 0.80~1.20m，相当于标高 3.28~2.86m。

表层地下水属潜水类型，主要由大气降水补给，以蒸发形式排泄，水位随季节有所变化。一般年变幅在 0.50~1.00m 左右。

根据勘察地下水位资料，结合天津地区地下水位变化特征：场地地面标高按 4.00m 考虑，本场地抗浮设防水位可按大沽高程 3.50m 考虑。若室外地面标高发生变化，抗浮设计水位应作相应调整。

根据室内试验结合各层土性质，提供埋深 15.00m 以上各层土渗透系数及渗透性见表 3。

各层渗透系数指标统计表

表 3

力学分层号	岩 性	垂直渗透系数 K_v (cm/s)	水平渗透系数 K_H (cm/s)	渗透性
1	冲填土	2.25×10^{-7}	4.42×10^{-7}	不透水
4	黏土	8.06×10^{-8}	1.24×10^{-7}	不透水
6 _a	粉土	5.73×10^{-5}	1.89×10^{-4}	弱透水
6 _b	粉质黏土	6.80×10^{-6}	3.06×10^{-5}	弱透水
6 _c	粉质黏土	2.88×10^{-6}	2.24×10^{-5}	弱透水

三. 基坑周边环境情况

工程所在场地为新进吹填区域，并在规划道路位置采用填土挤淤的方式填筑了临时道路，填筑的土料深度未穿透吹填土层。场地南侧 40m 以外有中新大道。

四. 基坑围护平面图

在制定基坑围护方案时，考虑了如下因素：

- (1) 基坑距现有临时道路 10m 左右。
- (2) 基坑支护的目的是保护基坑周围环境，但本工程在基坑开挖影响范围以内无需要保护的建筑物、道路、地下管线等。唯一的永久性道路中新大道距基坑 40m 以上，在基坑开挖的变形影响区以外。
- (3) 如采用灌注桩 + 水平支撑的方案，支撑工程量大，造价高（近 4000 万元），工期长。
- (4) 在极松软、流动状态的吹填土地基上打桩，功效低。灌注桩施工必须采用穿过吹填土层的护筒，且护筒在混凝土具有一定强度之前不能拔出（但混凝土具有强度后又难以拔出）。
- (5) 基坑开挖深度虽然 6m 左右，但需要支挡的仅是出于流动状态的吹填土。现方案采用垂直支护、开挖反而不一定安全，围护桩变形大时易引起恐慌。
- (6) 现状地面地下大部分区域，吹填土分布深度 3m 左右，其下为工程地质较好的粉土层，承载力高，在采取降水措施的前提下，完全可以放坡开挖，然后在硬土层上打桩。
- (7) 在北京，当有基坑时，大量采用先开挖（仅留保证灌注桩所需的桩顶混凝土超灌高度的土方后挖）、后打桩的方法，大量减少了灌注桩的空孔施工深度（即在设计桩顶标高之上的钻孔深度）。
- (8) 由于土方迟早要挖除，先挖、后挖并不影响工期，但减少的灌注桩钻孔工程量可节约大量工期、造价，还可大量减少泥浆排放。
- (9) 面积越大的基坑，当存在基坑先放坡开挖一定深度的条件时，先挖后打的优势越明显。
- (10) 在天津已开始应用，例如天津 117 大厦，开挖面积达 9 万 m² 的基坑，就是先开挖 6m 后再打桩。

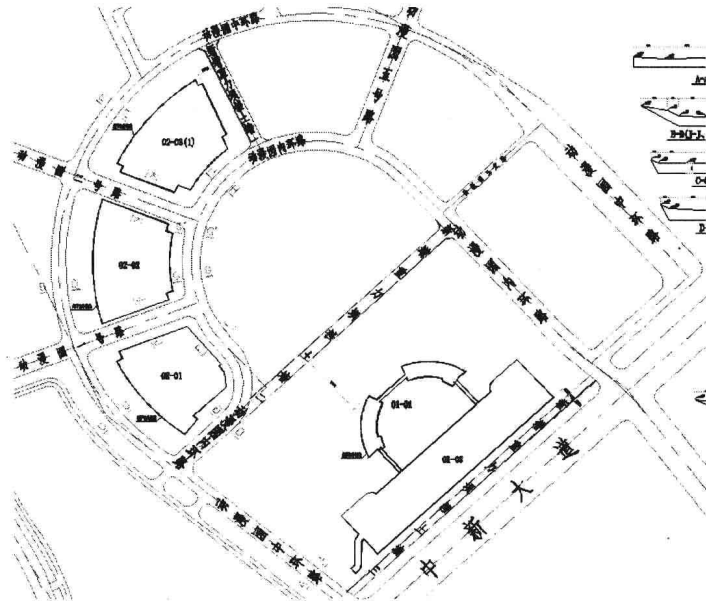
因此，现场各基坑，大部分在基坑外已采用填土挤淤的方式填筑了临时道路，填筑的土料深度虽未穿透吹填土层，但存在着进行利用的可能。可在现状道路基础上，对道路进行进一步填土加强，形成重力坝，起到基坑与基坑之间的挡土墙作用。

其中 02 地块的重力坝（包括新设置及利用已填筑道路）平面布置见图 2（a），03 地块的重力坝布置见图 2（b）。

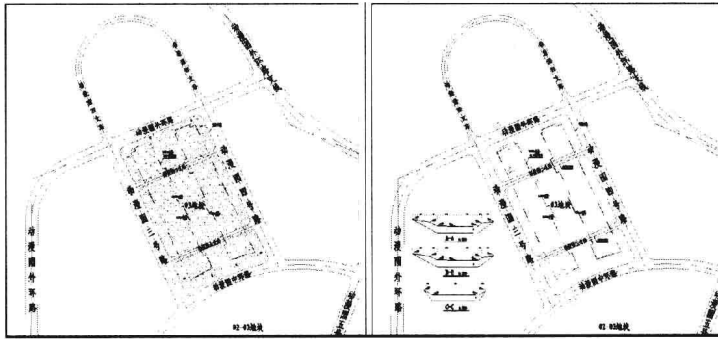
五. 基坑围护典型剖面图

(1) A-A 剖面

A-A 剖面处，吹填土厚度较大，达到 4.2m，已形成的道路填料未穿透吹填土层。故需对重力坝进行加深、加宽，并设置一排钢板桩，起到抗水平滑移的作用，如图 3 所示。



(a) 01-02地块



(b) 03地块

图2 基坑支护重力坝布置图

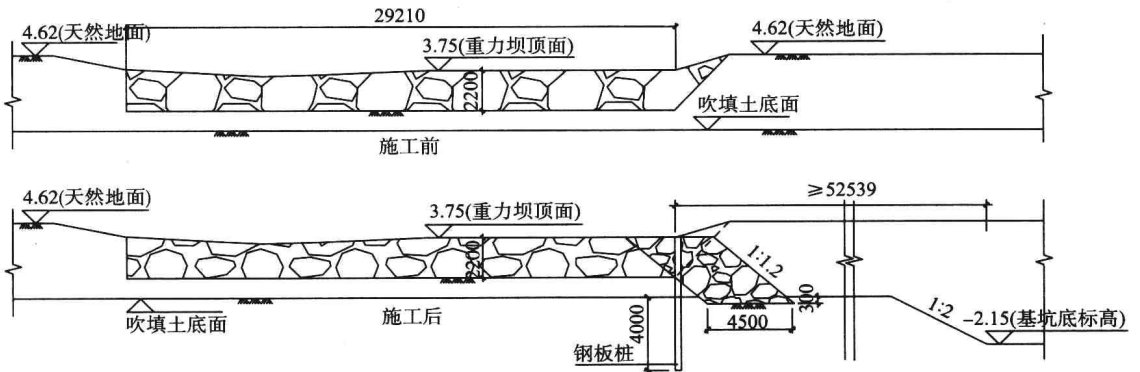


图3 02地块 A-A 剖面

(2) F-F 剖面

在 F-F 剖面处，由于吹填土厚度较薄，现场填筑的临时道路路堤已穿透吹填土，故可直接利用为重力坝，如图 4 所示。

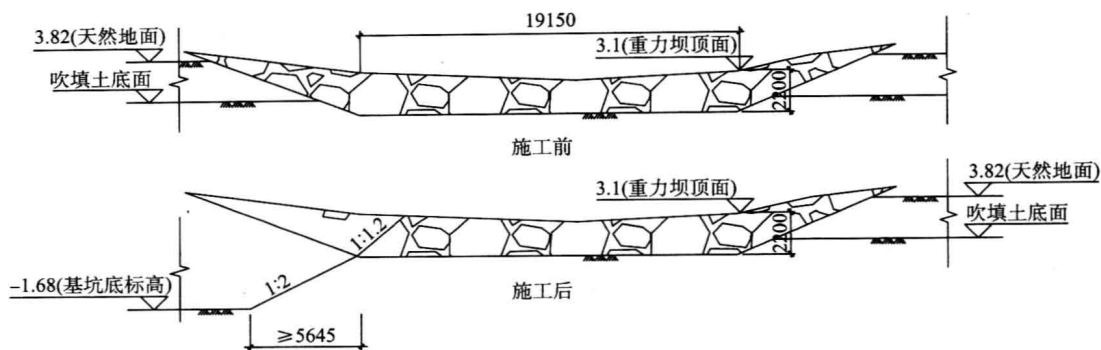


图 4 02 地块 F-F 剖面

(3) G-G 剖面

图 2 中，G-G 剖面处，利用原道路填筑的土体并进行加深、加宽后，作为重力坝起到支护作用，如图 5 所示。

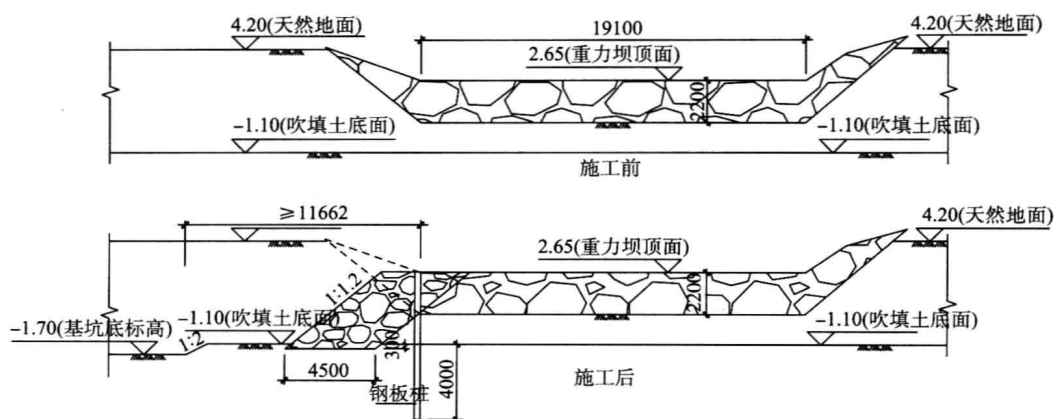


图 5 02 地块 G-G 剖面

六. 点评

实际实施时，由于先挖出各地块基坑内吹填土，在吹填土外运过程中，在重载汽车的反复碾压下，图 3、图 5 所示的道路路面均产生了显著的下沉，最大下沉深度达 1~2m，道路填土把其下的吹填土几乎完全挤出，满足了抗水平滑移的要求。因此，取消了钢板桩及道路加宽的措施，达到了很好的技术经济效果。

本工程因地制宜地利用现场临时道路作为重力坝，顺利地完成了基坑的开挖、桩基础与地下室的施工。具有如下特点：

(1) 利用现场的道路和现场施工修筑的临时道路作为挡土围堰，与土的吹填过程正好相反，但异曲同工。

(2) 在现状地面打桩，即使表层吹填土拌石灰，也很难满足重型设备行走（混凝土罐车、吊车等），也避免了打桩机械在软土顶面行走苦难造成的施工降效。

(3) 提前挖除吹填土至相对较好土层顶面，实施降水，然后在好土层顶面打桩，避免了桩孔穿越流动状态的吹填土带来的施工困难、措施多、工期长等问题，而且大量减少了灌注桩的空孔施工深度（即在设计桩顶标高之上的钻孔深度）。

(4) 与先打桩后开挖的方案相比，在打桩前挖除软弱土，可避免吹填土无法分层开挖而导致在开挖过程中造成工程桩倾斜问题的发生。

(5) 土方先行开挖不占用总工期。

(6) 大量节约支护经费和支护施工工期。

(7) 降水还可促进现场内的道路下地基土固结，减少道路正式铺路面以后的工后沉降。

编写人：郑刚 安建国（天津大学土木工程系 天津 300072）

工程实例名称：国家动漫产业综合示范园项目 01-03 地块基坑工程

设计单位及主要设计人：天津大学土木工程系 郑刚 顾晓鲁 刘畅

天津三建建筑工程有限公司 李锦春 孟金利

大唐电信天津产业园区工程一期 基坑支护工程实例

一. 工程简介及特点

本工程拟建建筑物位于天津空港加工区西七道、西八道、航天路、航空路合围地块内。拟建建筑物为现浇钢筋混凝土结构。基础平面呈矩形，长 201.6m，宽 67.2m，面积约 125126m²。现场地坪标高为 -1.200m，基坑底标高为 -6.700m。基坑净深度 5.5m。

本工程特点：基坑面积大，东西方向比较长，跨中变形不易控制；坑底有较厚淤泥质黏土层，含水率高；空港地区基坑支护变形控制较严格，特别是北侧西七道及东侧航空路基坑变形允许值 30mm；基坑支护如采用支护桩 + 内支撑工艺，变形易控制，但工期长，造价高，土方开挖也不方便，设置内支撑不尽合理，同时也是建设单位和施工承包方不能接受的。

二. 工程地质条件

根据天津市地质工程勘察院提供的《大唐电信天津产业园区工程一期》岩土工程勘察报告，现场地地势较为平坦。

按地层形成时代，成因类型及工程地质特征划分为 6 个工程地质层。进而按岩性组合及岩土力学性质划分为 10 个工程地质亚层。基坑涉及深度范围内各层土性计算选用指标见表 1。

根据拟建建筑物《岩土工程勘察报告》提供的该工程场地地质剖面图如图 1 所示。

基坑涉及各土层土性计算选用指标

表 1

层号	土层名称	含水率 w (%)	重度 γ (kN/m ³)	孔隙比 e	塑性指数 I _p	液性指数 I _L	直剪快剪 (标准值)		直剪固快 (标准值)	
							黏聚力 c (kPa)	内摩擦角 φ (°)	黏聚力 c (kPa)	内摩擦角 φ (°)
①	素填土	32.0	19.1	0.898	16.9	0.69	23.1	8.0	27.7	9.6
②	黏土	35.4	18.7	0.986	18.1	0.76	20.8	5.9	24.9	7.0
③ ₁	淤泥质粉质黏土	44.8	17.7	1.256	19.1	1.16	7.4	3.6	8.9	4.3
③ ₂	粉质黏土	32.3	18.9	0.905	13.4	1.04	14.3	9.7	17.1	11.6
④	粉质黏土	31.9	19.2	0.887	13.1	0.80	21.7	15.4	26.0	18.5
⑤ ₁	粉土	24.4	19.5	0.713	5.8	0.84	11.8	26.9	14.1	32.3

注：采用直剪快剪 (标准值) 指标进行设计计算。

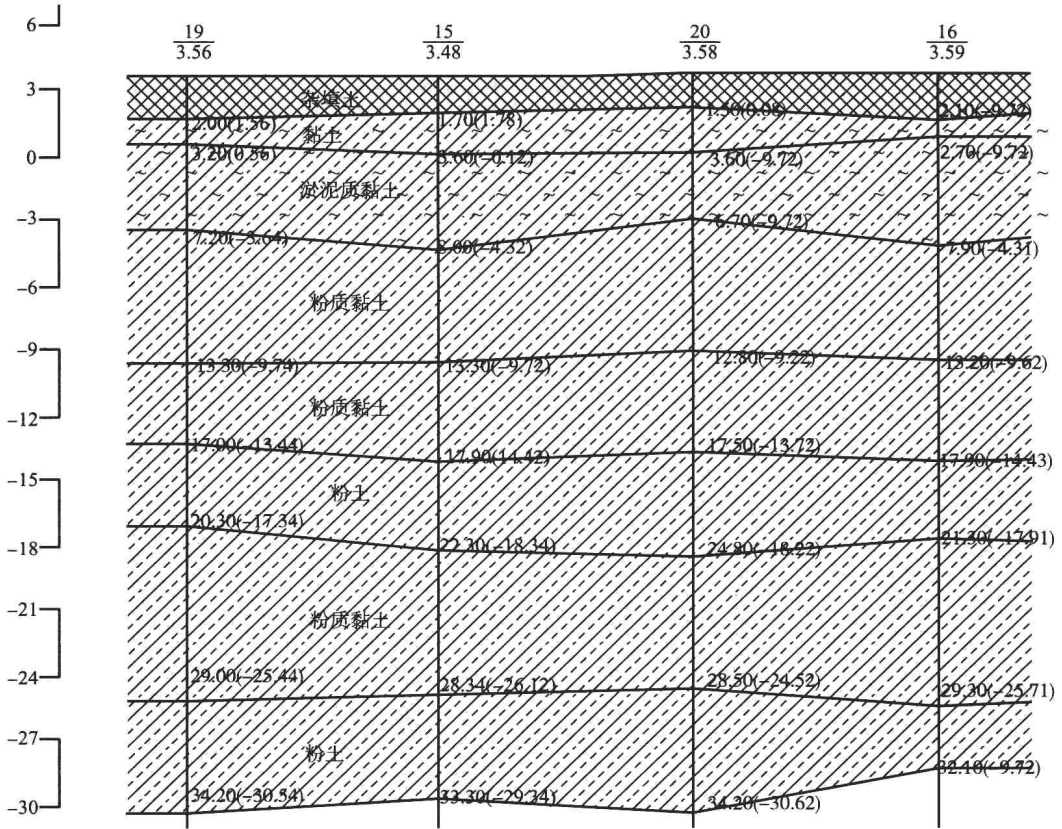


图 1 地质剖面示意图

三. 水文地质条件

本场地地下水为潜水-微承压水类型，主要受大气降水补给，以蒸发为主要排泄方式，该场地地下水环境类型为 III 类，在勘察期间测得该场地初见水位埋深 1.50~1.75m，勘察期间测得该场地稳定水位埋深 1.70~2.00m。

潜水位的变化受大气降水影响十分明显，高水位期出现在雨季后期的 9 月份，低水位期则出现在干旱少雨的 4~5 月份。潜水位年变化幅度的多年均值为 0.8m。

根据场地内所取原状土样室内渗透实验分析结果，将场地内浅部土层渗透性指标列表如表 2。

土层渗透性指标

表 2

地层岩性	层厚 (m)	层顶标高 (m)	渗透系数平均值 (cm/s)		透水性
			K_v	K_{11}	
①素填土	0.9~2.8	3.44~3.81	4.27×10^{-8}	2.59×10^{-8}	不透水
②黏土	0.8~2.2	0.90~2.70	1.25×10^{-8}	1.23×10^{-8}	不透水
③ ₁ 淤泥质黏土	2.5~7.0	-0.12~0.78	1.56×10^{-6}	1.72×10^{-6}	未透水