

文章编号:1001-4810(2010)02-0176-07

辽宁省大窑湾某建筑场地岩溶发育特征及工程地质条件评价

郭长宝^{1,2}, 郭书泰², 彭涛², 李耀刚², 崔雪涛², 郭印², 王树东²

(1. 中国地质科学院地质力学研究所, 北京 100081; 2. 建设综合勘察研究设计院有限公司, 北京 100007)

摘要:辽宁省大窑湾地区某建筑场地内基岩为可溶性中等~强的碳酸盐岩, 岩体裂隙发育, 在海水入侵、潜水与岩溶裂隙水等共同作用下, 岩溶发育较强烈。本场地勘察揭露溶洞的见洞率70.27%。溶洞多发育于地表下20~30 m之间, 其次为30~40 m。本文根据揭露溶洞的大小将溶洞分成大型溶洞(洞高 ≥ 4 m)、中偏大型溶洞($2 \text{ m} \leq \text{洞高} < 4 \text{ m}$)、中型溶洞($0.5 \text{ m} \leq \text{洞高} < 2 \text{ m}$)和小型溶洞(洞高 $< 0.5 \text{ m}$)等四类, 分析表明本场地内溶洞以中型溶洞为主, 其次为小型溶洞和中偏大型溶洞, 岩溶的发育和分布对场地工程地质条件影响较大。本文围绕场地岩溶发育这一主要工程地质问题, 从岩溶发育的地质背景、形成条件、分布特点等方面对场地内的岩溶发育特征进行了分析研究, 认为本场地属于岩溶中等~强发育的复杂的岩溶红粘土地基, 需采取CFG桩、振冲碎石桩复合地基或采用桩基等措施对地基进行处理, 以保证工程安全。

关键词:岩溶地基; 海水入侵; 溶蚀作用; 溶洞; 地基处理; 工程地质评价; 辽宁大窑湾地区

中图分类号:P642; P642.25 **文献标识码:**A

0 引言

辽宁省大连市大窑湾地区原为浅海滨带, 近几年该地区进行了大量填海造陆工程, 形成大面积的平地, 并进行了大量工程建设。该地区多个场地的岩土工程勘察结果表明, 该区基岩主要为震旦系的灰岩、泥质灰岩和白云岩等碳酸盐岩, 并且在该类岩体中发育有溶洞。通常岩土工程勘察只对钻探区域内岩溶发育与否、溶洞大小进行简单性描述, 而对岩溶发育条件和成因分析较少, 从而导致工程设计和地基处理存在局限性, 在一定程度上影响了项目规划和工程建设进度。本文在该地区某场地岩土工程详细勘察的基础上, 从地质背景、岩溶形成条件和分布特征等方面对岩溶进行了分析和研究, 并评价了场地的工程地质条件, 以期对类似的岩土工程勘察和设计提供参考。

1 地质背景

大连市位于中朝准地台的东北部, 二级构造单元为胶辽台隆, 三级构造单元为复州台陷, 四级构造单元包括永宁断凹、城子坦断块、复州一大连凹陷和长海凸起。上侏罗纪到中白垩纪的燕山造山运动, 使本地区地壳隆起, 发生褶皱和断裂等地质构造。从中生代末到第三纪初, 隆起的山区逐渐被剥蚀。第三纪晚期的新构造运动, 使被夷平的山地上升, 强烈的断层活动使辽东半岛与山东半岛分开, 形成今日大连周围的陆海格局(图1)。

本场地所在的大窑湾地区位于复州一大连凹陷, 在地貌分区上位于辽宁省西南部丘陵区。该区属晚元古代凹陷区, 发育有青白口系和震旦系以及古生代地层(图1), 主要岩性为各类灰岩、泥质灰岩、白云岩、石

基金项目: 中国地质科学院地质力学研究所基本科研业务费、建设综合勘察研究设计院有限公司科技发展基金资助

第一作者简介: 郭长宝(1980-), 男, 博士研究生, 工程师, 地质工程专业, 研究方向为工程地质与地质灾害。E-mail: guochangbao@163.com.

收稿日期: 2009-02-10

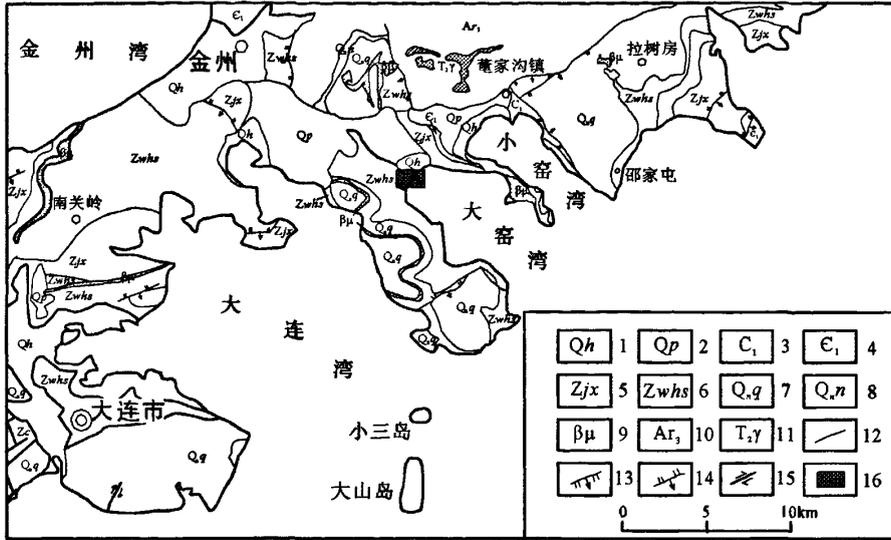


图1 辽宁省大窑湾地区构造地质图(据文献[1]修编)

Fig. 1 The tectonic map in Dayaowan, Liaoning Province (According to reference[1])

- 1. 全新统;2. 更新统;3. 石炭系;4. 寒武系;5. 震旦系金县群;6. 震旦系五行山群;7. 青白口系桥头组;8. 青白口系南芬组;9. 灰绿岩脉;10. 新太古代变质岩;11. 中三叠侵入岩;12. 性质不明断层;13. 正断层;14. 逆断层;15. 走滑断层;16. 拟建工程场地

英岩和板岩等,有少量砂、页岩。这一地区的燕山运动表现强烈,褶皱、尤其是断裂构造十分发育,但岩浆活动极其微弱,局部见有辉绿岩脉侵入。

侧为丘陵区,东部为黄海,场地经人工填海整平作为建筑用地,场地较平整。场地地面标高 4.92~5.58 m,平均标高为 5.24 m。

2 场地工程地质特征

2.1 工程概况

拟建工程为地上 8 层,设计荷载为 150 kPa,框架结构,无地下室。该场地属滨海潮间带,西侧及南、北

根据区域地质资料及相邻工程场地的物探和钻探结果,该区场地内存在岩溶现象。本次勘察共布设了 37 个勘察钻孔(图 2),钻探采用 XY-100 型和 XY-150 型液压工程钻机,采用冲击、回转、压进等方法钻进,采用金刚石钻头连续取芯,部分钻孔采用双层岩芯管、套管护壁等施工工艺。终孔条件为钻探深度 60 m

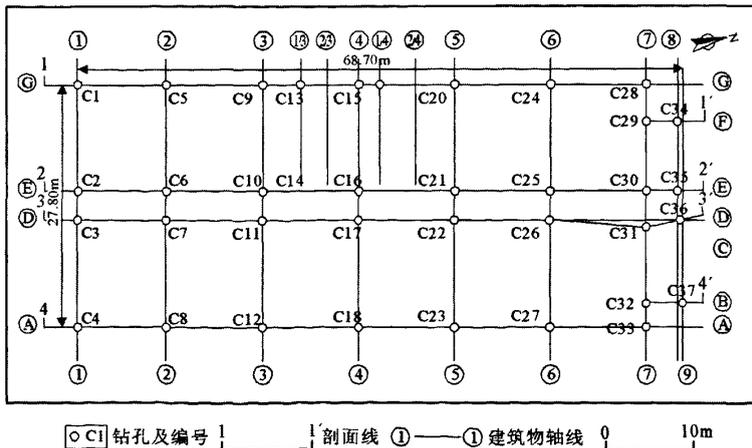


图2 场地内勘探孔平面布置图

Fig. 2 Plane of exploratory hole at the building site

或连续揭露 10 m 完整性较好岩石 (RQD≥75%)，或在揭露溶洞洞底基岩面 5 m 以后无新的溶洞出现。

2.2 地层岩性

根据钻探揭露的岩土特征、土工试验结果和工程地质剖面(图3),拟建场地内的地层主要为:①杂填土(Q₄^{ml}),灰黄色~黄褐色,由中风化~强风化板岩碎石或块石及粉质粘土包裹碎石构成,厚 7~10 m,回填时间约 2 年;②砾卵石(Q₄^{sl}),灰黑色,松散,饱水,部分间隙由中粗砂充填,含贝壳碎屑,为滨海相沉积,厚 0.7~3.7 m,平均厚度为 2.12 m;②₁粉质粘土(Q₄^{pl}),灰黑色,夹薄层细砂,为滨海相沉积,厚 0.3~3.3 m,平均厚度 1.69 m;③粉质粘土(Q₃^{pl+al}),红褐色~棕红色,以下简称红粘土,湿~饱和,可塑~硬塑,多数岩芯呈块状,局部夹杂有强风化~全风化灰岩碎块,为

残坡积成因,厚 5.5~15.2 m,平均层厚 9.60 m;下伏基岩主要为震旦系五行山群灰岩、泥质灰岩(Zw_hs),钻探深度内分述如下:④强风化灰岩、强风化泥质灰岩,揭露厚度一般为 0.2~5 m,局部钻孔未揭穿(C8 孔),灰白色~青灰色,岩心一般呈短柱状,发育有较多溶蚀孔洞,部分为碎块状,岩心断面溶蚀现象明显,岩心采取率低,发育有溶洞,岩体基本质量等级为 IV,部分溶洞内发育有红褐色粉质粘土等充填物;⑤中风化灰岩、中风化泥质灰岩,含少量白云岩、泥灰岩,青灰色,岩心呈短柱状,裂隙发育,岩心采取率较高,部分岩心见有溶蚀现象,岩体基本质量等级为 III。其中泥质灰岩、泥灰岩等基岩产状以水平和近于水平为主。

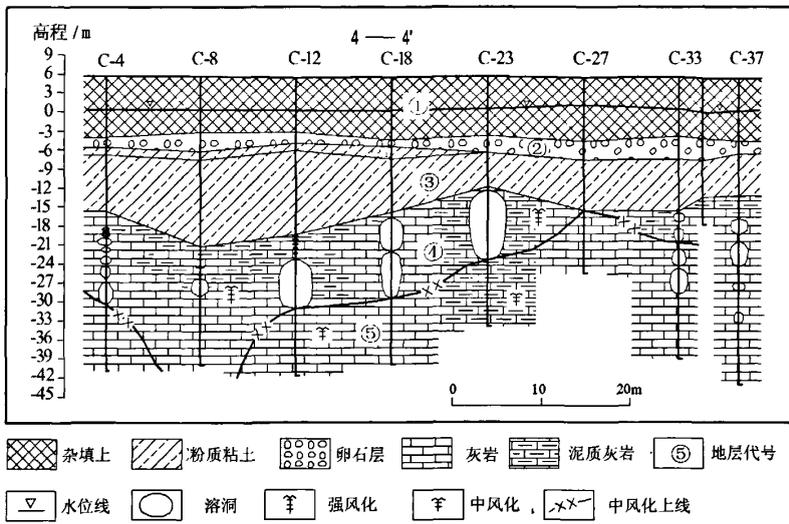


图3 场地典型工程地质剖面图

Fig. 3 Typical engineering geology section at the building site

2.3 不良地质现象与特殊岩土体

根据区域地质资料、现场地质调查和岩土工程钻探,该场地内不良地质现象主要为岩溶,特殊岩土体主要为红粘土。已有研究表明发育有岩溶的红土地基是一类工程地质条件极为复杂的地基^[2],从工程地质剖面图(图3)中可见,该场地内红粘土厚度相差很大,红粘土与下伏基岩呈不整合接触,碳酸盐岩表面起伏变化大,发育有溶沟、溶槽,且溶沟溶槽底部与红粘土的接触带常有饱和、孔隙大的软弱红粘土分布,容易造成地基不均匀沉降。而且碳酸盐岩内部还发育有大量的溶蚀孔洞和缝隙,地下水沿这些洞隙运移的同时,不断破坏基岩面附近的土体,易导致土洞形成,进而威胁地基的安全稳定^[2]。

本场地内布置的 37 个勘察钻孔中,除 C1、C5、C6、C7、C10、C17、C19、C24、C27、C29、C32 等 11 个钻孔未揭露溶洞外,其余 26 个钻孔均遇见溶洞(图 4),共揭露溶洞 74 个,见洞率为 70.27%。在所揭露的溶洞中,部分溶洞个体发育较大(C23 孔揭露单体溶洞高度为 11 m,是被揭露的最高单体溶洞),部分溶洞及溶隙呈串珠状发育,大多为空洞,少数为半充填,充填物为红褐色粉质粘土、细砂、夹杂有小砾石块。各钻孔中初见第一个溶洞的顶板最浅埋深为 18.00 m (C23 孔),其标高为 -12.48 m,最大埋深为 28.70 m (C8 孔),其标高为 -23.12 m。

根据场地内溶洞发育特征统计(表 1),揭露的 74 个溶洞多发育在地下 20~40 m 的深度内,其中约

77%的溶洞埋深为20~30 m,23%的溶洞埋深为30~40 m。据统计,本场地内溶洞高度在0.2~11 m之间,平均溶洞高为2.16 m,最大溶洞洞高11 m,揭露于C23钻孔。根据场地内溶洞的高度,若将溶洞分成大型溶洞(洞高≥4 m)、中偏大型溶洞(2 m≤洞高<4 m)、中型溶洞(0.5 m≤洞高<2 m)和小型溶洞(洞

高<0.5 m)四类,那么统计结果表明,场地内溶洞以中型为主,占溶洞总数的44.59%,其次为小型溶洞和中偏大型溶洞,分别占总数的21.62%和20.27%,大型溶洞占总数的13.51%。

根据场地内各个钻孔揭露溶洞累计高度的统计结果,部分钻孔只发育一个或几个小溶洞,累计溶洞高度仅为0.2~0.70 m,如C9、C11、C20、C21、C26等钻孔,有些钻孔累计溶洞高度则大于10 m,如C4、C28、C33、C23、C25、C15、C18等钻孔,即钻孔揭露的溶洞累计高度在平面上表现出了较大的不均一性(图4)。从图4中可见岩溶发育场地东北部比西南部强烈,A轴揭露溶洞高度较大,且多以中型、中偏大型和大型溶洞为主;在场地西部除C15和C19钻孔外发育大型溶洞外,其他钻孔或无岩溶揭露或仅有小型溶洞,表明场地内溶洞发育具有强烈的平面不均一性。

表1 场地内溶洞发育特征统计表

Tab.1 Statistical table of the cavity developing characteristics

| 溶洞类型 | 埋深/m | | 合计 | 所占比例/% |
|------|-------|-------|----|--------|
| | 20~30 | 30~40 | | |
| 大型 | 6 | 4 | 10 | 13.51 |
| 中偏大型 | 11 | 4 | 15 | 20.27 |
| 中型 | 26 | 7 | 33 | 44.59 |
| 小型 | 14 | 2 | 16 | 21.62 |
| 溶洞数量 | 57 | 17 | 74 | |

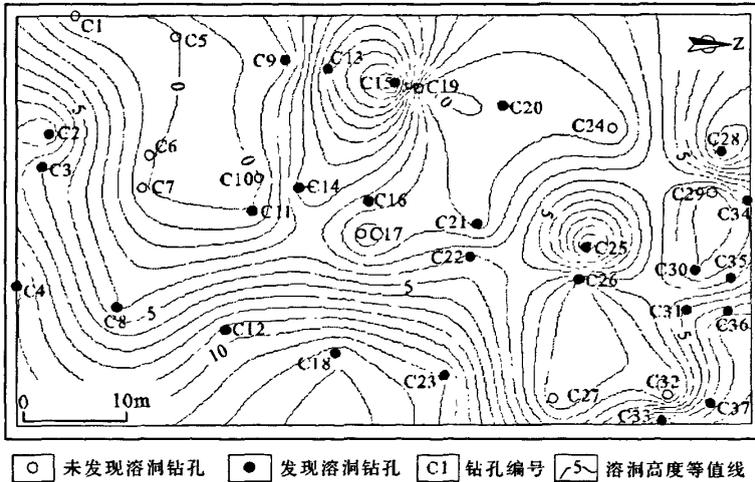


图4 场地内溶洞高度等值线图

Fig. 4 The counter map of the karst cavities at the building site

3 岩溶发育条件分析

岩溶发育受到多方面因素的影响,主要有地质构造、岩性、水动力条件、地形地貌、水温、pH值和生物等多方面的因素,其中岩性和水动力条件是岩溶形成的基本因素,地质构造对岩溶的发育起着控制和促进作用。

3.1 地质构造

工程场区内地质构造发育,钻探资料表明场地内震旦系灰岩、泥质灰岩等岩体在地质构造作用下破碎强烈,节理裂隙发育,局部有角砾岩出露,为地下水的运移提供了良好的通道,沿裂隙形成溶蚀裂隙,在裂隙交叉的部位容易形成溶洞。

3.2 岩性特征

岩性是岩溶发育的内在因素,也是岩溶发育的基础条件^[3,4],碳酸盐岩的CaO/MgO比值越大,岩石越容易溶解^[4,5]。为分析岩性因素对岩溶发育程度的影响,我们对场地内不同深度、不同岩性的岩石样品进行了岩石矿物鉴定和化学分析(表2)。由表2可见:

(1)灰色、深灰色灰岩的方解石含量一般为48.27%~89.62%,白云石含量为7.63%~34.04%;主要化学成分为CO₂和CaO,二者的含量可达79.26%~90.36%,有利于岩溶的发育,MgO的含量仅为0.36%~7.43%,平均为3.16%;CaO/MgO比值为5.62~30.06(A2样品CaO/MgO比值为141.53,为特例),平均为17.15,依据邹成杰提出的CaO/MgO值小于2.2~22和大于22时分别为弱、中

等和强可溶性的标准^[4]划分,本场地内的灰色和深灰色灰岩为中等~强可溶性。

(2)泥质灰岩和泥灰岩的矿物成分也以方解石为主,含量约占38.98%~72.05%,含少量或不白云石,化学成分主要为CO₂和CaO,二者的含量可达44.73%~73.42%,CaO/MgO比值一般为13.03~31.24,平均值为24.49,因此具有中等~强的可溶性。其中C4钻孔26m深的一块强风化泥质灰岩样品岩心上下强烈岩溶化,溶蚀孔发育,岩石化学常量分析方解石含量为72.05%,不含白云石,化学成分主要为CO₂(含量31.68%)和CaO(含量41.74%),不含MgO,因而CaO/MgO的比值理论上为极大,其可溶性强。

(3)白云岩方解石含量很少,为1.51%~4.75%,但白云石含量很高,为83.89%~91.67%;化学成分主要为CO₂,含量一般为41.96%~43.85%,CaO和MgO的含量基本相当,分别为25.51%~29.13%和21.11%~22.04%,CaO的含量普遍低于灰岩和泥质灰岩,CaO/MgO的比值为1.21~1.4,因此白云岩的可溶性较弱。

从以上对比分析可见场地内的泥质灰岩和泥灰

岩的可溶性最好,为中等~强;其次为灰色、深灰色灰岩,可溶性为中等~强,白云岩的可溶性最差。从理论上讲,灰岩由于质地较纯,其可溶蚀性应高于泥质灰岩和泥灰岩,但本场地泥质灰岩和泥灰岩的CaO/MgO的比值却比灰岩的要高。造成泥质灰岩和泥灰岩的CaO/MgO的比值却比灰岩的要高,而且泥质灰岩和泥灰岩的这种CaO/MgO比值并非本场地所特有,张加桂等在对三峡库区地质灾害调查时也曾发现巴东组(T₂b)泥灰质岩和泥灰岩的CaO/MgO的比值通常为15~40^[6,7]。到底是什么原因形成这种与常理不符的现象,且容今后进一步研究探查。

至于在场地东北泥质灰岩和泥灰岩分布较多的C8、C12、C23、C25、C37等钻孔其溶洞累计高度值较多灰岩分布的场地西南部和场地中部C1、C5、C6、C7、C9、C10、C17等钻孔的高,以致使整个场地岩溶在平面上表现出东北部比西南部发育、东部比西部强,这应与场地内灰岩、泥质灰岩、泥灰岩遭受构造破坏程度差异有关。勘察结果表明,总体上场地内泥质灰岩和泥灰岩的破碎程度要高于灰岩,比较有利于地下水的运移和海水的入侵溶蚀。

表2 场地内主要岩石类型岩石常量化学分析结果

Tab.2 Macro-chemical components analysis result of the major rock types at the building site

| 野外编号 | 深度/m | 岩石名称 | 化学成分/% | | | | 矿物成分/% | | CaO/MgO | 备注 |
|-------|------|---------|-----------------|-------|-------|-------|--------|-------|---------|-----------|
| | | | CO ₂ | CaO | MgO | 合计 | 方解石 | 白云石 | | |
| A1 | 26 | 灰色泥质灰岩 | 31.68 | 41.74 | — | 73.42 | 72.05 | — | — | 岩芯上下强烈岩溶化 |
| A2 | 32 | 深灰色灰岩 | 39.41 | 50.95 | 0.36 | 90.72 | 89.62 | | 141.53 | |
| A2y-1 | 22.2 | 深灰色灰岩 | 37.47 | 41.79 | 7.43 | 86.69 | 48.27 | 34.04 | 5.62 | |
| A2y-2 | 34.5 | 深灰色灰岩 | 38.05 | 47.12 | 3.95 | 89.12 | 65.92 | 18.07 | 11.93 | |
| B1y-1 | 29.6 | 灰色灰岩 | 35.84 | 46.25 | 2.54 | 84.63 | 68.88 | 11.64 | 18.21 | |
| B1y-2 | 33.2 | 褐黄色灰岩 | 35.78 | 46.01 | 1.69 | 83.48 | 73.08 | 7.63 | 27.22 | |
| B4y-1 | 49.6 | 灰黄色泥灰岩 | 19.74 | 24.99 | 0.80 | 45.53 | 42.90 | 3.67 | 31.24 | |
| B4y-2 | 52.6 | 灰色泥灰岩 | 21.96 | 28.80 | 2.21 | 52.97 | 38.98 | 10.09 | 13.03 | |
| B2y-1 | 34.6 | 深灰色灰岩 | 35.57 | 44.08 | 4.48 | 84.13 | 58.64 | 20.51 | 9.84 | |
| B2y-2 | 40.2 | 深灰色灰岩 | 37.68 | 50.20 | 1.67 | 89.55 | 77.40 | 7.63 | 30.06 | |
| B2y-3 | 46.2 | 深灰色泥质灰岩 | 25.11 | 32.71 | 1.12 | 59.54 | 51.56 | 5.13 | 29.21 | |
| A3y-1 | 38.5 | 棕黄色角砾岩 | — | 0.46 | 0.19 | 0.65 | — | — | 2.42 | 硬质角砾岩 |
| A3y-2 | 45.8 | 灰色含泥白云岩 | 42.52 | 25.51 | 21.11 | 89.14 | 4.75 | 83.8 | 91.21 | |
| A3y-3 | 51.7 | 深灰色白云岩 | 43.85 | 30.24 | 21.59 | 95.68 | 1.51 | 91.67 | 1.40 | |
| B5y-1 | 33.7 | 深灰色白云岩 | 41.96 | 29.13 | 22.04 | 93.13 | 2.82 | 87.91 | 1.32 | |

注:1.表中化学成分系碳酸盐岩化学分析法的实测值;2.表中矿物成分系根据CO₂、CaO、MgO测定值的计算结果。

3.3 水动力条件

3.3.1 地下水类型及其水动力特征

根据区域地质和水文地质资料,场地及周边地区地下水类型主要有松散岩类孔隙水、碳酸盐岩类裂隙

岩溶水和基岩裂隙水三大类,且以碳酸盐岩类裂隙岩溶水为主。裂隙岩溶水是大窑湾所在的大连市金州地区的重要供水水源^[8],主要分布在西部和东南沿海,水量较大,是大连市最有开采意义的地下水类型,也

是受海水入侵影响最大的地下水类型,枯水期地下水位降至海平面下10 m,海水入侵严重,水质恶化;其次为表层第四系松散岩类孔隙水,大多分布在地表浅层和独流入海的小河河谷区,含水层厚度小。

勘察期间,钻探深度内实测到1层地下水,为松散岩类孔隙潜水,初见水位埋深一般为3.5~5.7 m,静止水位埋深在3.8~5.8 m左右,平均为4.9 m,通过电测水位计对终孔后3天内地下水位进行跟踪测量,统计结果表明终孔后地下水位变化不大,与静止水位上下浮动多分布在0.05~0.50 m之间,平均为0.01 m。孔隙潜水含水层岩性以杂填土、粗砂、砾石和卵石为主,水量丰富,该层地下水与地表水水力联系密切,受大气降水等外界因素影响较大。

钻探资料表明基岩内溶孔、溶洞、溶蚀裂隙十分发育,这些通道有利于岩溶裂隙水的储存和运动;钻探终孔后稳定水位与初见水位变化不大,表明松散岩类孔隙水与岩溶裂隙水有较强的水力联系。此外,在部分溶洞内分布有红褐色粉质粘土等充填物,且多呈半充填状态,也表明岩溶裂隙水与松散岩类孔隙水之间有较强的水动力联系。

3.3.2 海水入侵

海水入侵是影响场地内地下水分布和工程地质条件的主要因素之一,据大连市志,大连地区的海水入侵始于20世纪60年代末,1984年达到高峰,1986年以后,地下水开采量开始减少,海水入侵进入停滞发展阶段;本场地所在的金州区是大连地区海水入侵最严重的地段之一,海水入侵已经沟通了渤海和黄海^[6],使得本场区的地下水动力条件更加复杂,有利于岩溶的形成与发展。

场地内分布的残坡积成因的红粘土,成分以粘粒为主,透水性及富水性较差,为相对隔水层,该层粉质粘土岩心在干燥后表面有一层白色盐析出,说明其具有一定含盐量,与海水之间有一定水力联系。值得注意的是对非碳酸盐岩石矿物进行X-射线衍射分析时,表1中A3y-1岩石样品的矿物组成中含0.50%的石盐,石盐的存在说明海水入侵在本场地表现明显,海水已侵入到基岩中,亦即场地内岩溶裂隙水与海水有较强的水力联系。已有研究表明,海水的入侵可加剧碳酸盐岩的溶蚀。根据邹胜章对大连市大魏家滨海岩溶区海水入侵化学过程的研究结果,40%~60%海水体积的混合液对碳酸盐岩的混合溶蚀作用效果最佳,而且80%海水体积混合液的混合溶蚀作用比20%的强^[5]。可见,海水入侵有助于本场地岩溶的发育。

4 场地工程地质条件评价

4.1 地基土承载力分析

根据勘察过程中原位测试及室内土工测试资料,并对照国家有关规范^[9]要求进行计算分析,该建筑场地地基内的①杂填土层厚度较大、结构松散、土质不均匀、密实度低,地基承载力特征值为80 kPa;②卵砾石层含中粗砂,厚度较小、松散,地基承载力特征值为120 kPa;②₁粉质粘土在场地内分布不均、部分钻孔未出露,其承载力特征值为60 kPa;③粉质粘土层在场地内分布较厚,强度较高,地基承载力特征值为140 kPa。综合分析表明由于下伏基岩内有岩溶发育,而拟建建筑物对地基稳定性要求较高,加之场地内的①杂填土层、②卵砾石、②₁粉质粘土和③粉质粘土层等土体地基承载力值较低,无法满足承载力设计要求,所以不宜采用天然地基。

4.2 工程地质条件评价

从以上对岩溶发育条件、发展过程以及场区溶洞分布特点的分析研究,对场地岩溶工程地质条件作如下评价与建议:

(1)场区内有不良地质条件存在,既有近年来的填土层,又发育有红粘土和岩溶,红粘土与下伏基岩呈不整合接触,碳酸盐岩表面起伏变化大,发育有溶沟溶槽,且溶沟溶槽底部与红粘土的接触带常有软土分布,属于工程地质条件极其复杂的岩溶红土地基^[2]。

(2)场区内松散岩类孔隙潜水、岩溶裂隙水与海水之间有较强的水力联系。钻探资料表明溶洞内分布有经过地下水搬运的红粘土,且基岩岩心测试有石盐,碳酸盐岩内部还发育有大量的溶蚀孔隙,在孔隙潜水和海水向基岩中渗流的过程中,基岩面附近土体易受岩溶水破坏并形成土洞,进而威胁地基的安全稳定^[3,4,9-11]。

(3)根据区域地质资料,大连地区有岩溶塌陷现象,但分布较散,通过对场地内及周边进行调查,本场地内历史上未发现地面塌陷现象。但场区内串珠状洞体发育,而且部分溶洞单体规模较大,洞高大于10 m;部分溶洞顶板较薄,且呈强风化状,如C23孔,第一个溶洞洞高11 m,与上覆红粘土层之间的岩层仅厚0.5 m,强风化,有溶蚀现象,且溶洞内充填有红褐色粘质粘土,夹杂有强风化~全风化的灰岩碎块;C18钻孔第一个溶洞洞高5.4 m,顶板仅厚0.8 m,为强风化灰岩,岩心有溶蚀现象,溶洞内亦充填有红褐色粉质粘土,在机械震动、岩溶的进一步发展或真空吸蚀等作用下,此类溶洞很容易出现顶板破坏,进而引起地面塌陷。

(4)场地内的填土层和红粘土层力学强度较低,下伏基岩中又有岩溶发育,海水的入侵使得水动力增强,易形成土洞。因此,场地的地基处理设计与施工,应考虑上述不利因素,并根据设计要求对场地地基进行处理(CFG桩、振冲碎石桩复合地基等)或采用桩基(钻孔灌注桩、预制桩等)等适宜的基础形式。

5 结论与建议

(1)大窑湾地区地层岩性多为可溶性中等~强的灰岩和泥质灰岩等碳酸盐岩,且新构造运动强烈,岩石较破碎,与此同时,又地处属滨海地区,时有海水入侵和混合溶蚀作用发生,为岩溶的形成和发育提供了有利的地质环境条件。

(2)场地岩溶多发育于地下20~40 m之间,溶洞以中型为主,其次为中偏大型和小型,钻孔岩溶见洞率为70.27%。场地内岩溶发育且在平面上分布具有强烈的不均一性。

(3)本场地属于岩溶中等~强发育的复杂的岩溶红粘土地基,而拟建建筑物对地基稳定性要求较高,加之场地内的杂填土、粉质粘土等土地基承载力值较低,无法满足承载力设计要求,所以不宜作为天然地基。

(4)场地内地下水水力条件复杂,岩溶平面发育不均,且存在形成土洞的工程地质条件,对拟建建筑

的稳定性影响较大,需根据设计要求对场地地基进行处理(CFG桩、振冲碎石桩复合地基等)或采用桩基(钻孔灌注桩、预制桩等)等适宜的基础形式,以保证建筑物的安全。

参考文献

- [1] 中国地质调查局辽宁省地质矿产调查院. 长兴岛镇、金州、旅顺、大连市地质图(1:25万), 2001.
- [2] 韦育才. 岩溶地下水径流带红土地基的勘察评价——以桂林某综合教学大楼为例[J]. 水文地质工程地质, 2006(5): 38-41.
- [3] 中国科学院地质研究所岩溶研究组. 中国岩溶研究[M]. 北京: 科学出版社, 1987.
- [4] 邹成杰. 水利水电岩溶工程地质[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 1994: 5-20.
- [5] 邹胜章, 朱远峰, 陈鸿汉, 等. 大连大魏家滨海岩溶区海水入侵化学过程[J]. 海洋地质与第四纪地质, 2004, 24(1): 61-67.
- [6] 张加桂, 曲永新. 三峡库区泥灰质岩石溶蚀作用的微观研究[J]. 工程地质学报, 2005, 13(1): 12-18.
- [7] 张加桂. 三峡移民安置区泥灰质岩溶风化灾变分析[J]. 中国岩溶, 2005, 24(3): 239-244.
- [8] 大连市地方志编纂委员会办公室编. 大连市志(自然环境志 水利志)[M]. 大连出版社, 1993.
- [9] 中华人民共和国国家标准《岩土工程勘察规范》(GB 50021-2001).
- [10] 于宏伟. 岩溶地区重大工程建设项目工程地质勘察[J]. 西部探矿工程, 2005, 104(1): 88-90.
- [11] 孙鹏, 谢春庆, 万新南. 某机场试验区岩溶发育特征及工程地质评价[J]. 山西建筑, 2007, 33(3): 18-19.

Appraisal of the karst development features and engineering geology conditions at a building site in Dayaowan, Liaoning Province

GUO Chang-bao^{1,2}, GUO Shu-tai², PENG Tao², LI Yao-gang²,
CUI Xue-tao², GUO Yin², WANG Shu-dong²

(1. Institute of Geomechanics, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100081, China;
2. China Institute of Geotechnical Investigation and Surveying LTD., Beijing 100007, China)

Abstract: The major bedrocks in Dayaowan are moderate to strong soluble carbonate rock with well developed fissure, so karst is strongly developed under the impact of sea water and groundwater as well as karst fissure water. The surveying drilling proves that the karst cavity discovering rate is 70.27%. The cavities mainly distribute between 20~30 m underground, and between 30~40 m secondly. The karst cavities are divided into 4 classes according to their size (h) in this article: the large scale ($h \geq 4$ m), the medium to large scale ($2 \text{ m} \leq h < 4 \text{ m}$), the medium ($0.5 \text{ m} \leq h < 2 \text{ m}$) and the small ($h < 0.5 \text{ m}$). The statistic result indicates that karst cavities in the location are mainly the medium ones, and secondly are the small or the medium to large scale ones. The growth and distribution of the karst cavities seriously affect the engineering geology conditions of the building site. Regarding the karsts as the major engineering geology problem, the background and forming conditions as well as distribution of karst at the building site are analyzed and evaluated in the paper. Accordingly, it is believed that the groundwork of the building site is karst laterite with moderately or strongly developed karst and the CFG and Vibratory Crushed stone composite piled foundation or some appropriate piled foundation etc. should be adopted in disposal this kind of groundwork in order to keep the engineer safe.

Key words: karst groundwork; seawater encroachment; dissolution; karst cavity; groundwork treatment; engineering geology appraisal; Dayaowan in Liaoning