

北京市岩土体工程特征及工程适宜性评价*

曹继勇, 陈志龙, 郭东军

(解放军理工大学 工程兵工程学院, 江苏 南京 210007)

摘要:在宏观地质研究的基础上,对北京市岩土体工程性质、分布规律、地质构造及工程地质特征进行了分析研究,根据地形地貌、地质构造及岩土工程性质等方面将北京市地基按照工程建设条件划分良好场地区、基本良好区、中等区和较差区,并对北京市地质条件及对工程特别是地下工程建设的适宜性进行了评价。

关键词:北京,工程地质;工程适宜性;分区评价

中图分类号: TU442

文献标识码: A

文章编号: 1673-0836(2007)04-0656-04

The Engineering Character and Feasibility Evaluation of Rock & Soil in Beijing

CAO Ji-Yong, CHEN Zhi-Long, GUO Dong-Jun

(Engineering Institute of Engineering Corps, PLA Univ. of Sci. & Tech., Nanjing 210007, China)

Abstract: Based on geologic study in general, the engineering character, distribution rule, the geologic structure and character of rock & soil in Beijing are analyzed. According to landform, geologic structure and the character of rock & soil, the nicer geology area, nice geology area, middling geology area and geology area of a sort are classified, and the feasibility of geologic condition, engineering, special to underground engineering construction are evaluated.

Keywords: Beijing; engineering geology; feasibility of engineering; subarea evaluation

1 地貌及成因分析

北京市雄踞华北大平原北端。北京的西、北和东北,群山环绕,东南是缓缓向渤海倾斜的大平原。北京平原的海拔高度为 20 ~ 60 m,山地一般海拔 1000 ~ 1500 m,与河北交界的东灵山海拔 2303 m,为北京市最高峰。境内贯穿五大河,主要是东部的潮白河、北运河,西部的永定河和拒马河。北京的地势是西北高、东南低。西部是太行山余脉的西山,北部是燕山山脉的军都山,两山在南口关沟相交,形成一个向东南展开的半圆形大山弯,人们称之为“北京弯”,它所围绕的小平原即为北京小平原。

北京平原:按地貌单位、形态、成因和物质组成可划分四种类型。

(1)山前台地:主要如山前洪坡积台地、黄土台地。地形高差显著,坡度较大,其物质组成以粘性土、含卵砾石、碎石为主。北京市区连接石景山—海淀低山丘陵大片地区。

(2)洪冲积台地:主要由大小河流的洪冲积物堆积而成,地面坡度小于 1%,主要为原层粘性土,局部下层为卵砾石层,分布于永定河、温榆河两岸的大片地区。如北京地铁“复—八”线,就是处于洪冲积平原二级阶地。

(3)冲积平原:如北京地区最低处,是水流汇集场所,古河道极的发育,以结构性较差的粘性土及粉土细砂为主。分布于永定河等各大河流的中、下游。

* 收稿日期:2006-05-23(修改稿)

作者简介:曹继勇(1970-),男,河南开封人,博士研究生,讲师,一级注册结构工程师,主要从事防护工程方面的研究。E-mail: Caojiyong@163.com

(4)永定河决口、改道及沙丘地:北京平原地区,自全新世以来,由于受构造运动的影响,几条规模较大的河流都曾发生过变迁和改道。市区除石景山、海淀一带为京西北隆起带外,整个市区都处于北京凹陷带之中。在凹陷带中沉积的第四纪沉积物的物质组成和地貌形态,就是第四纪地貌环境综合体中起决定性作用的构造运动的具体体现。

北京地区除震旦系,奥陶系上统至石炭系下统及白垩系上统,古新统地层外,从太古界古老变质岩系至第四纪都有出露。出露最古老的地层——太古界,主要分布于密云、怀柔两地区。新生界广泛分布于北京平原和大水系河谷地带及山间盆地之中。北京市区主要由第四系更新统和全新统地层组成,第四纪地层总趋势从西向东由薄变厚、至建国门附近厚达 100 m。而二叠系、石盒子组(PS)、双泉组(PTS)及三叠系杏石口组(TX)、碎屑

岩类地层,仅见于石景山——海淀一带。

2 地质构造及地震

北京位于新华夏系构造带、阴山纬向构造带及初吊贺兰山字型构造东翼反射弧三者交会部位。为华北地台中部——燕山沉降带的西段。在漫长的地质构造运动发展中形成复杂的地质格局,褶皱构造比较发育,断裂构造也相当发育。通过北京市区的主要断裂有三组:北北东、并东向张性断裂和北西向断裂。后者活动性更强,使得地震分布、地貌格局、河流流向及演变等都受其控制。其中北北东、北东向张性断裂有:八宝山断裂、黄庄——高丽营断裂、良乡——顺义断裂(通过市区丰台、朝阳、仙桥一带),南苑——通县。北西向断裂有:南口——孙河断裂,以及推测的永定河断裂。

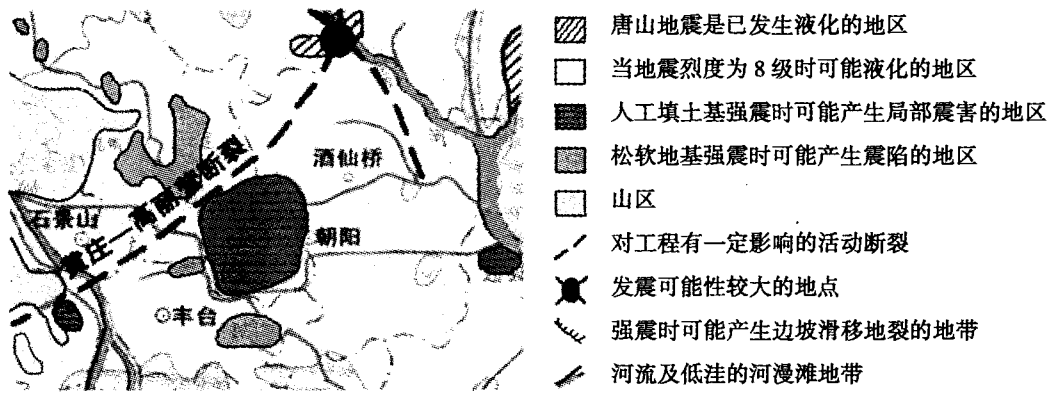


图 1 北京市地震预测图
Fig.1 Earthquake forecasting of Beijing city

北京位于华北地震活动区。自公元 438 年以来共发生有记载的地震 168 次。1976 年 7 月 28 日发生在唐山的 7.8 级地震也波及到北京。北京市区地震烈度达 8 度。地震多发生在构造线附近、构造线转折处、二条构造线交汇处。对工程有一定影响的活动断裂是贯穿市区西北部的黄庄——高丽营断裂。当发生强震时,永定河以东,朝阳以西、海淀以南,南苑以北的大片市区中人工填土地基可能产生局部震害,而南苑、海淀一带松软地基可能产生震陷。

3 岩土体立体结构及地质特征

从北京市工程地质分析可知,北京市区主要是洪冲积台地,主要为大小河流的洪冲积阶地,地面坡度多小于 1%,主要为厚层粘性土,局部下层为卵砾石层,前第四纪基岩较深,一般均在 50 m 以

下,而且岩层强度不高。第四纪土层由西南向东北方向逐渐变厚,西北部多为砂砾土层,东部上部土层有较厚的粘土层。

丰台区大部分为永定河决口、改道及沙丘地,北京平原地区自全新世以来,由于受构造运动的影响,几条规模较大的河流都发生过变迁和改道。有少部分为冲积平原,是北京地区地势最低的水流汇集场所,古河道极为发育,以结构性较差的粘性土及粉土、细砂为主。

北京市区土层从上至下为杂填土、第四纪沉积层,前第四纪基岩层。杂填土根据工程位置的不同而不同,多为地下 5 m 以内。

第四纪土层较厚。一般为粉质粘土层、中细砂层、圆砾土层。

4 工程地质划分及综合评价

4.1 工程地质划分

工程地质划分的目的是合理利用天然地基,规划不同的工程地质场区及选择基础持力层。根据岩土分布规律及工程特性对建筑基础的适宜性进行评价,为城市地下空间规划、建设项目的选址、方案比较及一般工程项目的初步设计服务。

根据北京市岩土工程地质特征,本次区划层次为二级,分“区”和“亚区”。“区”的划分依据为地

貌单元及地基土的类型,以罗马字 I, II, III, IV 表示;“亚区”的划分根据岩层的埋深及地下土 5m 深度以上工程地质层的强度和稳定性,分为 A, B 两级,以脚标区分。

根据城市各类建筑物对地基承载力、土层厚度及地下水埋深的要求,结合本区岩土体的工程地质特征,将本区建筑物场地划分为四类(表 1),其分布如图 2 所示。

表 1 地基划分及其特征
Table. 1 Foundation division and its characteristics

类型	亚区 代号	基岩 埋深/m	土层 名称	地基承 载力 /KPa	压缩 模量 /MPa	场地 土类型	地貌及 不良地 质现象	地下水 特征	适宜性评价及 工程主要地质问题
良好 场地 I	IA	<15	硬塑~坚硬粘	280	15.0	硬~	二地阶地及岗 地,地形坡度 <10%	地下水位埋深 >5~10m,贫 水	适宜修建各类建筑物
	IB	>15	土粉质粘土	~450	~22.0	中硬			
较好 场地 II	IIA	<15~20	可塑~硬塑	200	8.0	中硬	原层粘土层< 1%,无软弱下 卧层,下层为 卵砾石层	地下水位埋深 2.0~5.0m, 地下水较贫乏	可作为多层建筑物的 天然地基持力层。高 层建筑物可采用桩基。 应注意残坡积层的均 匀性及重力地质作用 应注意地基的均匀性, 重要建筑物可选择下 部好土层作持力层或 采用桩基
	IIB	>15~20	原层粘土	~280	~15.0	~中软土			
中等 场地 III	IIIA	>30~50	结构性较差	120	5.5	中软土	水流汇集、古 河道发育	地下水位埋深 1.0~2.0m	
	IIIB	<30~50	粘性土及粉 土、细砂	~200	~10.0				
较差 场地 IV	IVA	>50	人工杂填土、	70	2.5	软弱土	河漫滩及掩埋 古河道区,地表 水冲刷作用。 杂填土自重固 结差,易产生滑 坍现象。	水量较大地下 水位埋深>1. 0~2.0m	低层建筑物可进行地 基处理后作持力层,重 要建筑物可采用桩基 或箱基。
	IVB	<50	结构性较差 粘性土	~120	~5.5				

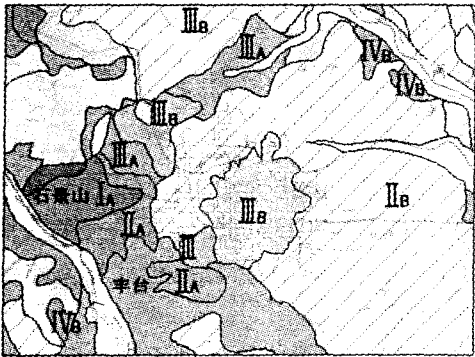


图 2 北京工程地质条件分区图
Fig.2 Foundation division of Beijing city

4.2 工程地质分区评价

地基条件 I 类区。是工程建设的良好地基,但往往受到地形或坡度的限制,大多不适宜一般的工程建设,而适宜于地下工程建设和矿产资源开发,

在开发与建设中应注意地面塌陷等环境岩土工程问题。

地基条件 II_A、II_B 类区。是工程建设的基本良好地基,也是目前或将来工程建设的重要场地,是工程建设的适宜区。在工程建设中,应注意如下问题:开挖边坡要采取轻度防护措施,避免边坡失稳问题;建筑物的基础最好选在砂卵石层;一般冲沟发育,在工程勘察中,要注意对冲沟的调查与评价。

地基条件 III 类区。是工程建设中等的地基,适宜中小型工程建设,但需一些防护措施,如果工程重大,则需要治理针对负荷来说相对低的承载力,做好地基处理工作。

地基条件 IV 类区。本区工程建设的地基较差,仅适宜于小型或轻型的工程建设,布置中低层建筑

物。对高层建筑需做桩基或保证一定基础的埋深,选择基础持力层最好放在砂砾石层上。同时针对洪水、低的承载力和砂土液化等,需要采取中等或高级防护措施。因基岩埋藏较深,开挖深基坑时,应注意基坑的稳定问题。

4.3 持力层的合理选择

北京市市区地层分布基本相同,主要是人工填土、粘土、粉细砂土、砂卵石层、一般在 50 m 以下才有第三纪砾岩层,且砾岩承载力并不高,而除人工填土外,粉细砂土、砂卵石层承载力均较高,所以北京高层建筑多采用筏基或箱形基础,只要基础埋深达 12 m(地下三层)以上,一般均能满足高层或多层的承载力要求。由于高层建筑抗震要求,规范要求基础埋置深度要达到地面建筑高度的 1/15。从这一角度看,对地下空间的开发较为有利。

4.4 地下工程建设埋深、跨度的适宜性分析

从北京市区工程地质总体分析,北京地下空间适宜于浅埋工程建设。应尽可能采用掘开式的单建式工程或是结合上部建筑的附建式工程,施工方法应首选明挖法、当条件不允许时可采用盖挖逆筑法或浅埋暗挖法施工。

由于北京地层中,砂卵石层分布较广,暗挖方法中顶管法施工难度较大,不太适合北京情况,由于近年盾构法不断的技术进步,在北京的部分地区也可考虑盾构法施工。

对浅埋暗挖法、盾构法及顶管法施工中,工程跨度均受一定程度的限制。一般认为:对北京地质,浅埋暗挖法单拱跨度小于 10 m 比较合适,连拱数量不大 4 跨。对盾构法要根据盾构机械尺寸而定,目前大直径盾构机基本上为大于 12 m,小直径

约 3 m。顶管法工程跨度限制大,国内管径大约为 1.5~3.5 m。所以对顶管法只适用于市政管线、地铁区间段等长距离、小跨度工程的施工。

对于跨度较小的市政工程,如电力管沟、共同沟及地下物流线路,甚至地铁区间段等,目前的施工技术条件,一般可不考虑地质条件的影响、上部有无地下或地上建筑的影响;当然规划设计时要考虑到以上条件对工程造价的影响,应尽量避免施工难度大的区域。

参考文献:

- [1] 陈志龙. 城市地下空间规划[M]. 东南大学出版社, 2004. (Chen Zhilong, et al. Urban Underground Space Planning[M]. Southeast University Press, 2004. (in Chinese))
- [2] 李相然等. 城市岩土地基工程地质[M]. 中国建材工业出版社 2002. (Li Xiangran, et al. 2002. Urban Engineering Geology of the Rock and Soil Foundation[M], China Building Materials Industry Press. (in Chinese))
- [3] 鲍亦冈等. 北京地质百年研究[M]. 地质出版社, 2001. (Bao Yigang, et al. 2001. Reviews in Geology of Beijing for a Century[J], Geology Press. (in Chinese))
- [4] 谢世华. 天安门东站采用盖挖逆筑法施工[J]. 复一八线地铁工程结构的设计与施工. 地铁建筑. 1997. 3 (Xie Shihua, et al. The Construction of Top - Down Inverse Method for Tian'anmen East Station in Beijing, Design and Construction of Subway Structures (on Fu - Ba Line) in Beijing[J]. Railway Engineering. 1997. 3. (in Chinese))