

北京地区新近沉积土不同沉积相的工程地质特性及其评价¹⁾

李树德 袁仁茂 吕红华

孙 宏 伟

(北京大学环境学院 北京 ,100871) (北京市勘察设计研究院 北京 ,100038)

摘要 冲积平原上河流冲积物所具有的沉积层向上逐渐变细的正韵律特点会引起新近沉积土的工程地质特性随沉积层变化而变化。同时,河流出山以后,河谷展宽,水力梯度减小,使得冲积平原上的河流冲积物从上游至下游具有逐渐变细的趋势,各不同沉积相土层的工程地质性质也随之发生相应的变化。以永定河的河流冲积物为例分别从垂向上和水平方向上来讨论新近沉积土的工程地质特性与沉积相变化之间的关系,并对新近沉积土的工程地质特性进行了评价。

关键词 新近沉积土;沉积相;工程地质特征

中图分类号 P 642.11

新近沉积土是指全新世中、晚期形成的土,一般来讲呈欠压密状态,强度相对较低,且随沉积类型不同而变化较大,常常含有人类文化活动产物(如砖头、瓦片、木炭渣、陶瓷片等物);一般性沉积土则是指全新世早期及其以前形成的土,两者的划分到目前为止并没有严格的一年代界线^[1,2]。关于新近沉积土自身的特性以及新近沉积土与一般沉积土的各种不同特征的比较已有研究者进行过研究,但是并不系统和完善^[3~10]。而对新近沉积土的工程地质特性的宏观变化规律的研究则很少^[11],本文以永定河的河流冲积物为例,分别从垂向上和水平方向上来讨论新近沉积土的工程地质特性与沉积相变化之间的关系,并对新近沉积土的工程地质特性进行了评价。以便从宏观上来把握新近沉积土的工程特性,为充分利用新近沉积地基土资源提供依据。

1 新近沉积土沉积相的划分

根据野外观察并利用室内粒度试验分析的结果^[12,13],可以看出,在垂向上新近沉积土具有典型的变化规律,沉积物颗粒由上至下由细变粗,从上游至下游则具有逐渐变细的趋势。从充分考虑工程应用的角度出发,永定河冲积物可划分为3种不同的河流沉积亚相。即:

(1) 河床沉积或河流沉积旋回中的底层亚相:包括河床蚀余沉积,滨河床沙坝沉积和沙岛沉积等。(2) 漫滩沉积或河流沉积旋回中的顶层亚相:包括天然堤沉积和决口扇沉积等。(3) 泛滥平原堆积等。

1) 北京市自然科学基金资助项目(8002010)

收稿日期:2002-12-18

其中泛滥沉积亚相实际上就是漫滩沉积亚相中的顶层最细小部分,为方便地讨论并对比各层工程性质的变化趋势,将其单独划出进行论述。

2 垂向上新近沉积土的工程地质特性与沉积相变化之间的关系

以国家大剧院工地的剖面为例(该剖面位于永定河冲积平原上),从垂向上探讨新近沉积土工程地质性质与沉积相变之间的关系。根据土工实验结果进行统计,各沉积相土层的基本工程地质特性如表1所示:

表1 垂向上各沉积相土层基本工程地质性质

Table 1 Engineering Geological Characteristics of Different Sedimentary Facies Vertically

时代	沉积相	$W\%$	e	$W_L\%$	$W_P\%$	I_P	I_L
新近沉积土	泛滥沉积	29.15	0.83	32.46	21.45	11.01	0.623
	漫滩沉积	24.71	0.71	28.71	19.14	8.11	0.46
	河床沉积	-	-	-	-	-	-
一般沉积土	泛滥沉积	25.97	0.73	33.59	19.79	13.8	0.44
	漫滩沉积	25.1	0.71	28.24	6.87	10.27	0.70
	河床沉积	-	-	-	-	-	-

资料来源:北京市勘察设计研究院。

从上表可以看出,无论是新近沉积土还是一般性沉积土,其工程基本物理力学特性都随着沉积相的不同而发生很大的变化,其中土层的含水量($W\%$)、孔隙比(e)、液限($W_L\%$)、塑限($W_P\%$)、塑性指数(I_P)随着沉积相从河床相到漫滩相再到泛滥沉积相其值不断增大;而液性指数(I_L)新近沉积土具有增大的趋势,一般性沉积土正好相反。总体上,随着沉积相从河床沉积相逐渐变化到泛滥沉积相,新近沉积土与一般性沉积土都具工程物理特性有越来越差的变化趋势。

3 纵向上新近沉积土的工程地质特性与沉积相变化之间的关系

为充分说明新近沉积土的基本物理性质与沉积相之间的变化关系,沿永定河古河道按照从上游到下游的方向,选取了3个不同的工程地质钻孔,分别位于紫竹院路三虎桥西、国家大剧院工地以及左安门外的方庄。利用这3个钻孔的实验资料,分别从河床沉积相、漫滩沉积相和泛滥沉积相3个沉积层来讨论对于同一沉积相在不同地段的新近沉积土的基本物理力学性质变化情况。

沿永定河古河道,由于水流的分选作用,对于每一个沉积旋回,不但在垂向上从下至上沉积物颗粒具有明显的由粗到细的特征,而且在水平向上沉积物颗粒也具有从上游至下游由粗变细的特征,表2各沉积相粒度成分情况很明显的表明了这种典型的沉积相变规律。

这些地区的土工试验统计资料结果如表3所示。由表可以看出,对于同一沉积相,在不同地点其工程物理力学基本性质会发生变化。本工作受资料来源的限制,选取的3个点都局限于北京市市区范围内,距离过于接近,因此同一沉积相在组成成分上的变化不太明显,基本力学性质也没有特别明显的区别,但是仍可以看出一些基本的变化趋势。对于同一沉积相土层而言,从古河道的上游至下游其基本的物理力学具有逐渐变差的趋势,这一变化趋势是由于从古河道的上游至下游沉积物颗粒组成不断变细,地下水位逐渐变浅而导致的,其结果便表现为地基土的承载力逐渐变小。

表2 各地不同沉积相沉积物组成成分情况
Table 2 The Composition of Different Sedimentary Facies in different sites

沉 积 相	紫竹院路三虎桥西	国家大剧院工地	左安门外方庄
泛滥沉积相	粉质粘土与粉土互层、夹层	重粉质粘土与粉质粘土互层、夹层	重粉质粘土与粉质粘土夹层、互层、夹薄层粘土层
漫滩沉积相	粉、细砂、粉土及粉质粘土	粉砂、细粉砂、粉土及粉质粘土	细粉砂、粉砂、粉土及粉质粘土
河 床 相	上部为圆砾，下部以卵石为主，夹漂砾及砂	上部为粗砂，下部为砾、卵石及砂	以砂为主，夹有粉土及粉质粘土，底部有砾、卵石

资料来源 北京市勘察设计研究院。

表3 各地不同沉积相土层的基本工程地质特性

Table 3 Engineering Geological Characteristics of Different Sedimentary Facies in different sites

沉 积 相	地 点	W%	e	WL%	WP%	IP	IL
泛滥沉积相	紫竹院路三虎桥西	26.28	0.81	30.95	22.52	10.64	0.364
	国家大剧院工地	29.15	0.83	32.46	21.45	11.01	0.623
	左安门外方庄	23.9	0.68	-	18.6	12.9	0.43
漫滩沉积相	紫竹院路三虎桥西	23.6	0.63	27.2	19.00	6.6	0.21
	国家大剧院工地	24.71	0.71	28.71	19.14	8.11	0.46
	左安门外方庄	22.3	0.65	-	20.00	9.6	0.24

资料来源 北京市勘察设计研究院。

4 新近沉积土各沉积相基本工程地质条件特征

4.1 底部河床沉积相

该层厚度较大，国家大剧院工地该层新近沉积土的厚度达5.5 m，而一般沉积层的厚度更大，一般都大于15 m。对于新近沉积层而言，该层中的砂土呈灰色砾、卵石则呈现杂色。一般沉积土中，该层中的砂呈现褐黄色和褐灰色，卵砾石也呈现杂色。河床沉积相，其颗粒大小、形状、分选、排列等受水流速度、搬运距离、沉积物的来源等因素的控制。沿古河道由上游至下游，粒径逐渐变细，在垂直的地质剖面上从下至上粒度逐渐变细，形成正沉积韵律特征。其基本的工程地质条件特征如下：

(1) 如果河床沉积相的上部具有砂层，则由于上覆土体的荷载作用，砂层的密度自上而下逐渐变大。如果砂层的厚度比较大，则该砂层可以选作建筑物的地基，其下伏的卵砾石层则为良好的持力层。同一砂层，在平面上由于上覆土体的厚度不同，上覆荷载的大小也会产生明显的变化，导致同一砂层的密度在不同的地点也具有明显的差异。

(2) 河床相土层，有时也会因为在沉积过程中局部水动力条件的变化而在砂层中出现粘性土薄层和透镜体。这些粘性土薄层和透镜体的存在，将降低该土层的承载力。

4.2 中部河漫滩相

该相由粉砂与粘性土互层组成，土质不均匀，反映了沉积环境的不稳定，其基本物理性质见表3。本层中的砂性土由于上覆土层较薄，荷载不大而一般不太致密，比较疏松，而粘性土的土质情况随地点的变化比较大。由于该层粘性土层的土质非常不均匀，因此其工程性质随地点的变化而具有较大的差异。可能在一个地点的工程性质比较差，不宜作持力层，而在另一个地点可能工程性质比较好，可以作为持力层使用。

4.3 上部泛滥沉积相

泛滥沉积是冲积平原的最低洼部分,一般情况下呈纵长形,与河道平行。在各种冲积物中,以泛滥沉积物最细,其颗粒细小均匀,一般情况下具水平层理,有机质含量比较高。泛滥沉积的厚度随河型的不同变化特别大。如果河道稳定,则可能形成比较厚的泛滥沉积物;如果河道变化较快,则泛滥沉积很薄,甚至几厘米或缺失,在新近沉积旋回中的泛滥沉积物,因其形成时代新,且含水量又比较高,故而土质很疏松,固结不好。其沉积环境与形成时代决定了泛滥沉积相工程地质性质不好,具有软土的特点。

5 新近沉积土工程地质环境评价

5.1 地貌评价

在永定河冲积扇的顶部和地下水溢出带都有新近沉积土分布,如石景山至八宝山一带,西北郊圆明园、昆明湖一带和西郊莲花池附近地带的地表土层。从地貌部位来看,沿冲积扇顶部至扇缘,新近沉积土的工程地质特性具有逐渐变差的趋势。在永定河冲积扇的顶部的是较高的地区,新近沉积土层长期处于干燥状态,因而具有较大的孔隙性,一些黄土状新近沉积土具有湿陷性,同时由于上覆荷载的不同,使得在平面上新近沉积土的工程地质特性具有非常大的差异性。故而在某些地区的新近沉积土可能又具有很好的工程地质特性,承载力较高。在冲积扇扇缘相或者地下水溢出带的新近沉积土层,沉积物颗粒细,地下水位浅,地基的承载力低,一般属于新近沼泽沉积,不利于工程建设,在基坑开挖时要特别注意边坡的支护。

5.2 地层评价

从工程应用的角度,新近沉积土地层可以分成河床相、漫滩相和泛滥沉积相3个沉积土层。

河床相由卵砾石组成,因其厚度比较大可以作为良好持力层。

漫滩相中具有一定厚度的中密以上的砂性土层可以作为建筑物的地基,但是必须注意,在平面上同一砂层,由于上覆土体的厚度不同,上覆荷载亦不同,其密度也有明显的差异。了解砂层密度在平面上的分布规律,对于正确选择建筑物的地基设计参数以及确定试桩位置使之有较好代表性是很有意义的。漫滩相上部的粘性土层也经常具有一定的厚度,但由于土层较弱,不宜作为建筑物的持力层。

泛滥沉积具有软土的特点,按土的工程地质分类属于一般粘性土和淤泥质土或淤泥。本层土的有机质含量高,是新近沉积土中土质最差的地层,其物理力学性质见表3。由于该层土的天然含水量、孔隙比、液性指数比较大,从而使得土层的抗剪强度低,压缩性高,承载力低,不宜作为建筑物的地基使用。

5.3 古河道不良地质评价

在冲积平原上,由于河床的演变而导致冲积平原上的沉积物在平面上的变化非常大,因此,在进行工程建设时要特别注意地基土的不均匀性以及由此引起的不均匀沉陷问题。凡是涉及到古河道、古冲沟或溃堤的建筑物要引起重视,必须研究清楚古河道、古冲沟的分布规律、范围大小及其埋深情况,在选址时要注意避让或者在基础设计上进行必要的处理。

6 结论

新近沉积土的工程地质特性随着沉积相的变化而变化。一般而言,从河床相到漫滩相再到万方数据

到泛滥沉积相以及从河床的上游到下游，新近沉积土的工程地质特性都具有逐渐变差的变化规律。工程地质条件以底部的河床相最好，漫滩相次之，泛滥沉积则最差。在河床相土层中，要特别注意砂层中出现的粘性土薄层和透镜体，它们的存在将大大降低该土层的承载力。漫滩相沉积土层主要考虑其中的粘性土层的土质情况，因粘性土层的土质非常不均匀，因此其工程地质特性随地点的不同而不同。泛滥沉积土层则一般具有软土的特征，工程地质条件较差。对于新近沉积土工程地质环境的评价，应该从3方面入手：即分别进行地貌评价、地层评价和古河道不良地质评价，综合研究其地质环境状况。

参 考 文 献

- 1 北京市勘察院，北京市建筑设计研究院. 北京地区建筑地基基础勘察设计规范(DJB 01-501-92). 见：北京市勘察设计协会. 北京市标准. 北京：1999
- 2 彭承光，李运贵，李子权，等. 建筑场地岩土工程勘察基础. 北京：地震出版社，1995.3
- 3 刘岁海，李虎杰，侯兰杰. 西南科技大学新建校区新近沉积粉土的工程地质性质及其承载力评价. 绵阳经济技术高等专科学校学报 2001, 18(2): 7~9
- 4 王洪胤. 对北京地区新近沉积土的认识. 岩土工程技术, 1997(2): 34~37
- 5 吴进甫. 安阳市土的塑性、颗粒组成、比重及其关系. 安阳师范学院学报 2000(2): 35~37
- 6 马植舜，李正. 压力注浆加固新近沉积粘性土的机理. 建筑技术, 1994, 21(3): 149~151
- 7 高俊良. 邢台地区新近沉积粉质粘土的土性分析. 煤田地质勘探, 1997(4): 40~42
- 8 尹永川. 新近沉积粘性土的压缩模量与标准贯入实验锤击数的关系. 水文地质工程地质 2002(1): 68~71
- 9 李树德，袁仁茂，任明达，等. 国家大剧院新近沉积粘性土特征初探. 北京大学学报(自然科学版), 2003, 39(2): 194~199
- 10 刘世凯. 长江中下游现代河漫滩土层物理力学性质及工程地质评价. 工程地质学报 2001, 9(2): 141~144
- 11 Friedwan G M. Dynamic Processes and Statistical Parameters Compared for Size Frequency Distribution of Beach River Sands. J Sedim Petro, 1967, 37: 327~354
- 12 Visher G S. Grain Size Distribution and Depositional Processes. J Sedim Petro, 1969, 39(3): 1074~1106
- 13 成都地质学院陕北队. 沉积岩(物)粒度分析及其应用. 北京：地质出版社，1976. 55~116

Engineering Geological Characteristics and Evaluation of Different Sedimentary Facies of the Recently Deposited Soil in Beijing Area

LI Shude YUAN Renmao LU Honghua

(College of Environmental Sciences, Peking University, Beijing, 100871)

SUN Hongwei

(Beijing Site Investigation and Design Research Institute, Beijing, 100038)

Abstract Taking the sediment of Yongding River as an example, the authors discussed the changes of relationship between sedimentary facies and engineering geological features of recently deposited soil vertically and horizontally. It showed that the qualities of recently deposited soil is getting worse as the sediment transforming from riverbed facies to flooded facies vertically, and as for an identical sedimentary facies, the qualities of physical properties seemed to be worse from the upper reaches to the lower reaches of the Yongding River.

Key words The recently deposited soil; sedimentary facies; engineering geological characteristics