

# 南充市区第四纪沉积物特征及工程对策

苏培东, 秦启荣

(西南石油学院, 四川 新都 610500)

**摘 要:** 本文根据大量实际勘察资料的分析、处理, 将南充市区第四纪沉积物划分为 4 种类型, 并探讨各类型沉积物的空间分布特征、物理力学性质; 并从持力层的选择、基础类型、基坑支护和地基处理等方面进行了工程对策分析。

**关键词:** 南充市区; 沉积物; 特征; 工程对策

中图分类号: P546

文献标识码: A

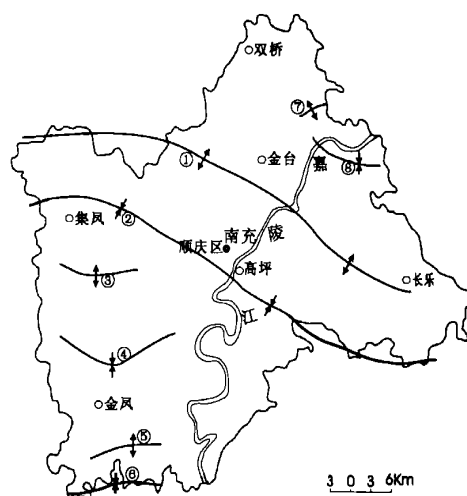
第四纪沉积物的工程地质性质是工程地质学科长期研究的主要任务之一。南充市区第四纪沉积物厚度虽不大, 但分布广, 直接影响了基础类型的确定和持力层的选择。但长期以来, 对南充市区第四纪沉积物进行全面系统的研究却很少。目前, 南充市区的建筑主要以 14 层以下的高层和多层建筑为主, 其基础持力层主要以第四纪沉积物为主。所以, 如何利用好第四纪沉积物, 对工程建设的经济合理、安全可靠有着重大意义。

笔者在整理南充市区大量勘察资料的基础上, 结合实际工程经验, 对南充市区第四纪沉积物工程性质及工程对策作了全面的探讨, 以促进南充城市规划 and 地质环境利用的合理化。

## 1 区域地质背景

南充市区位于四川盆地中部, 川中低缓褶皱区, 构造相对稳定, 从中奥陶开始至二叠纪, 该区处于稳定抬升阶段, 故地层缺少中上奥陶统、志留系、泥盆系及石炭系。从二叠纪开始, 该区开始稳定下降接受沉积。该区出露的地层主要为侏罗纪紫红色泥岩、粉砂质泥岩及粉砂岩。第四纪沉积物主要为更新统的砾石层及全新统冲洪积粘土、粉质粘土及坡、

残积层。区内以一系列近于东西向的大型宽缓褶皱带为主, 构造形迹微弱、简单, 没有大的断裂通过(图 1)。



①南充背斜 ②西山向斜 ③一立场背斜 ④曲水向斜  
⑤安福场背斜 ⑥旌中场向斜 ⑦灯台场北斜 ⑧凤仪场向斜

图 1 南充地区构造图

Fig. 1 Structural Map of Nanchong

南充市区处于嘉陵江中上游, 地貌为河流阶地地貌和川中剥蚀残丘地貌。

收稿日期(Received date): 2002- 03- 01; 改回日期(Accepted): 2003- 05- 12。

作者简介(Biography): 苏培东(1973- ), 男(汉族), 西南石油学院在读硕士研究生。主攻方向: 岩土工程、地质工程。Tel. (028) 88112433。[SU Pei dong (1973- ), male, graduate student of S. W. P. I., major in geo-technical engineering and geology engineering.]

## 2 第四纪沉积物类型及其分布

依据第四纪沉积物出露的空间位置, 把南充市区第四纪沉积物划分为四种类型(图 2):

### 2.1 河漫滩及砂洲

主要为近代河流冲积层, 沿嘉陵江两岸零星分布, 由松散卵石、砂组成, 高出现代河床 0~5 m。

### 2.2 一级阶地堆积物

主要由冲、洪积而成的黄—黄褐色粉质粘土、粉土、灰色粉细砂及卵石层组成, 局部有淤泥质粉质粘土透镜体。

高出现代河床 5~20 m, 属于堆积阶地。

### 2.3 二级阶地堆积物

主要由黄—黄褐色粘土、粉质粘土、粉土、粉细砂及卵石层组成。局部夹有淤泥质粘土透镜体。

二级阶地高出现代河床 20~30 m, 属于堆积阶地。沿嘉陵江二级阶地因侵蚀而部份缺失, 如图 2 所示。

### 2.4 三级阶地

主要由黄色粉粘土、卵石土、卵石层及基岩风化残、坡积层组成。

三级阶地高出现代河床 30~100 m, 属基座阶地。三级阶地在南充市区出露不太完整, 只是零星地分布在南充市区郊。

## 3 第四纪沉积物物理力学性质

南充地区主要建筑大都建在一、二、三级阶地之上, 通过大量原位测试试验和室内土工试验, 结合已

有工程经验, 归纳出各阶地上各土层的主要物理力学指标值如下:

### 3.1 一级阶地主要土层物理力学性质

嘉陵江一级阶地在南充市区较发育, 南充市区大部分建筑建于一、二级阶地上。一级阶地的主要土层物理力学性质如表 1 所示。

### 3.2 二级阶地主要土层物理力学性质

二级阶地是南充工矿企业的主要建筑场地, 二级阶地虽在局部缺失, 但总体面积大, 其主要土层物理力学性质如表 2 所示。

### 3.3 三级阶地主要土层物理力学性质

三级阶地是南充城市扩展的主要场地。目前, 南充市区的开发区均位于三级阶地上。三级阶地主要土层的物理力学性质如表 3 所示。

## 4 工程对策分析

### 4.1 基础类型及持力层的选择

由于经济的发展, 南充地区多以修建多层和高层建筑为主, 且高层建筑多小于 20 层, 所以充分利用好第四纪沉积物对最大限度地实现工程建筑物的安全稳定、经济合理具有举足轻重的作用。

#### 4.1.1 一级阶地

从原位测试和室内试验数据来看, 粉质粘土、粉土、粉土夹粉砂的承载力较低, 均在 100~160 kPa 之间, 而且分布不均匀, 厚度不大, 埋深较浅, 直接用作天然持力层显然不能满足要求。故对于 5~8 层的建筑, 采用浅基础则需进行地基处理, 基础形式多采用条形基础或筏板基础。

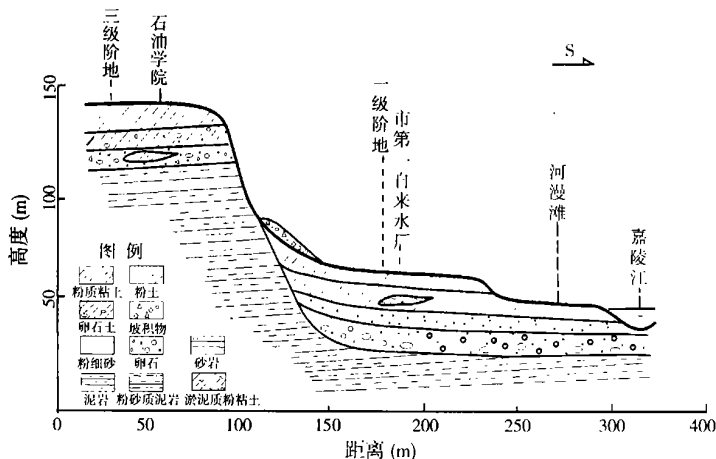


图 2 南充第四纪沉积物剖面图

表 1 一级阶地主要土层物理力学性质

Table 1 Physical and Mechanical Properties of Main Soil on Second Bottom

土 层 名 称	变形模量 $E_0$ (MPa)	压缩模量 $E_s$ (MPa)	承载力特征 值 $f_{ak}$ (kPa)	极限端阻力标 准值 $q_{pk}$ (kPa)	极限侧阻力标 准值 $q_{sk}$ (kPa)	备注
粉质粘土		4~ 6	120~ 160		28~ 40	
粉 土		3~ 5	100~ 140		16~ 32	
粉土粉砂混层		5~ 8	120~ 160		32~ 50	
粉细砂	10~ 15		140~ 180		16~ 32	
卵石层	16~ 24		300~ 500	3500~ 4500	58~ 75	稍密
淤泥质粉质粘土		2~ 3	80~ 120		15~ 22	透镜体

表 2 二级阶地主要土层物理力学性质

Table 2 Physical and Mechanical Properties of Main Soil on Third Bottom

土 层 名 称	变形模量 $E_0$ (MPa)	压缩模量 $E_s$ (MPa)	承载力特征 值 $f_{ak}$ (kPa)	极限端阻力标 准值 $q_{pk}$ (kPa)	极限侧阻力标 准值 $q_{sk}$ (kPa)	备注
粘土		6~ 8	160~ 180		63~ 72	
粉粘土		5~ 7	140~ 160		40~ 52	
粉 土		3~ 5	120~ 160		32~ 50	
砂夹圆砾	6~ 8		160~ 200		42~ 58	
圆砾层	14~ 20		200~ 250		92~ 110	
卵石层	16~ 24		250~ 350	4500~ 5500	75~ 92	稍密
卵石层	24~ 32		500~ 600	8000~ 9000	92~ 110	中密

表 3 三级阶地主要土层物理力学性质

Table 1 Physical and Mechanical Properties of Main Soil on Fourth Bottom

备注	土 层 名 称	变形模量 $E_0$ (MPa)	压缩模量 $E_s$ (MPa)	承载力特征 值 $f_{ak}$ (kPa)	极限端阻力标 准值 $q_{pk}$ (kPa)	极限侧阻力标 准值 $q_{sk}$ (kPa)
	粘土	8~ 10	200~ 220		72~ 80	
	粉粘土	6~ 8	180~ 200		63~ 72	
	卵石土	12~ 16	250~ 350	2500~ 4500	42~ 58	
	卵石层	24~ 40	500~ 800	5000~ 7500		
	粉质粘土	4~ 6	130~ 150		16~ 28	残积

对于 14 层以下高层建筑,可采用桩基础,下伏卵石层的埋深一般都< 10.0 m,承载力较高,分布均匀,厚度稳定,是良好的桩端持力层。根据南充地区试桩实验,可知其桩端极限承载力一般为 1 000~ 2 000 kPa。南充地区一级阶地岩石产状基本水平,岩石风化面起伏不大,故对于 14 层以上超高层建筑,岩石则是优良的桩端持力层。

4.1.2 二级阶地

上部粘土分布均匀,厚度 4~ 5 m,承载力特征值  $f_{ak}$  = 180~ 220 kPa,是优良的浅基础持力层;下

伏粉质粘土分布稳定,厚度一般在 3 m 左右,承载力特征值  $f_{ak}$  = 140~ 160 kPa,是良好的基础下卧层。但值得一提的是紧接其下的淤泥质粘土透镜体,承载力低,  $f_{ak}$  = 80~ 120 kPa,呈透镜体分布,所以在选择上部粘土作持力层时,应查明场地有无淤泥质粘土透镜体及其分布,并进行下卧弱层验算,以防止不均匀沉降而影响建筑物的正常使用,这在南充地区已有失败的例子。根据南充地区经验及相关规范要求,对于 10 层以下的结构简单的建筑,以粘土为持力层,采用条形基础,能满足要求。

对于二级阶地的卵石层, 其分布均匀, 埋深约 8 ~ 9 m, 厚约 3~ 4 m, 承载力较高, 是高层和超高层建筑良好的桩端持力层。

#### 4.1.3 三级阶地

由于粘土、粉质粘土、粘性土夹卵石及卵石土分布不均, 厚度变化大, 所以一般很少选用浅基础持力层。其下伏紫红色粉质粘土(基岩残积层), 分布均匀, 厚度稳定, 承载力高, 是条形基础的良好持力层。但由于三级阶地多发育于缓坡浅丘地带, 所以在选用浅基础时应防止边坡滑动。

三级阶地上采用深基础时, 一般都把桩端放在岩石中风化层上。例如西南石油学院第二实验大楼, 18 层高, 其基础选用人工挖孔桩, 桩端进入新鲜基岩 0.5 m, 96 年建成至今情况良好。

#### 4.2 基坑开挖与支护

目前南充地区基坑开挖深度大都小于 5 m, 由于二、三级阶地的土层自稳性较好, 所以基坑开挖问题主要是出现在一级阶地上。

由于基坑开挖, 地下水涌, 一级阶地上的粉质粘土、粉土、粉土夹粉细砂会出现坑壁坍塌现象, 目前, 为保护坑壁稳定, 南充地区多采用放坡开挖, 其放坡坡度一般为 1: 0.5~ 1: 1.25。

但随着南充城市建设的发展, 放坡开挖的条件越来越不易满足, 这时则须进行垂直开挖。为保证施工安全、坑壁及相邻建筑物的稳定, 基坑开挖时则须进行支护。根据工程经验可知, 南充地区的基坑开挖问题几乎都与地下水有关, 所以支护结构可选择土钉支护结构与喷锚支护结构或桩墙式围护结构, 并结合轻型井点降水或管井降水措施同时进行。

此外, 还可采用粉喷桩、旋喷桩或地下连续墙来进行基坑支护与挡水, 在用粉喷桩与旋喷桩时, 主要以双排施工, 加强搭接来提高施工质量达到支护与挡水目的。

#### 4.3 地基处理

目前, 南充市区的地基处理方法大都采用砂卵石换土垫层法, 但换土垫层法本身却存许多不足。首先, 换土垫层法大都采用明挖施工, 开挖产生的弃土处理就是一大难题; 其次, 换土垫层法一般处理深度有限, 故对基础下卧弱层的处理就显得无能为力。而从南充市区第四纪沉积物的特点来看, 其表层粉质粘土与粘土的工程性质都较好, 而下卧层的粉质粘土、粉土或局部的淤泥质土工程性质较差, 所以采用换土垫层法就很难达到对下卧弱层的处理与加

固。另外, 换土垫层法的垫层厚度在 0.5~ 3.0 m, 这个厚度对高层或超高层建筑来说很难满足持力层的厚度要求。

鉴于以上原因并结合南充市区第四纪沉积物的工程特点, 笔者认为采用复合地基更能满足设计要求。复合地基承载力和压缩模量计算可采用以下公式

$$f_{sp, k} = m f_{p, k} + (1 - m) f_{s, k} \quad (1)$$

$$E_{sp, k} = [1 + m(n - 1)] E_s \quad (2)$$

式中  $f_{sp, k}$  ——复合地基承载力标准值, kPa;

$f_{p, k}$  ——桩体单位截面积承载力标准值, kPa;

$f_{s, k}$  ——桩间土承载力标准值, kPa;

$E_{sp, k}$  ——复合地基压缩模量, MPa;

$E_s$  ——桩间土的压缩模量, MPa;

$m$  ——面积置换率;

$n$  ——桩土应力比, 无实测资料时, 对粘性土取 2~ 4, 对粉土与砂性土取 1.5~ 3。

复合地基处理方法很多, 不同的方法适用条件不同, 针对南充市区第四纪沉积物特点, 特提出以下 3 种地基处理型式:

##### 4.3.1 碎石桩法

以碎石、卵石等粗粒土为填料, 采用振冲法、干振法、沉管法、强夯置换法等施工工艺, 在软弱地基中制成密实桩体以加固地基的方法。碎石桩体与桩间土形成复合地基, 并且桩体对桩间土还有挤密与振密作用, 并兼有排水固结作用。它适用于处理不排水抗剪强度  $C_u \geq 20$  kPa 的粘性土、人工填土等, 所以碎石桩法可广泛应用于南充市区一、二级阶地上。笔者曾首次在南充采用碎石桩法, 利用振冲法和干振法对四川师范学院的两幢职工宿舍进行地基处理并取得成功, 使地基土承载力特征值由原来的  $f_{ak} = 160$  kPa 提高到  $f_{ak} = 220 \sim 250$  kPa。

##### 4.3.2 深层拌和法

深层拌和法根据施工工艺不同又分为深层喷浆搅拌法、深层喷粉搅拌法和高压喷射注浆法。它是利用一定的机具设备把浆液状或粉末状加固剂送入土中, 并与被加固土进行搅拌混合, 经过一系列物理化学反应硬结成具有整体性、水稳性和足够强度的加固体, 深层拌和的桩体与桩间土形成复合地基, 从而提高了地基土的承载力, 改善了地基土的变形性质。它适用于加固淤泥、淤泥质土、粉土和含水量较高且地基承载力特征值  $f_{ak} < 120$  kPa 的粘性土地

基,所以深层拌和法对南充市区一级阶地上的粉土和粘性土地基,有较好的应用前景。

#### 4.3.3 加筋法

即在地基中设置低强度素混凝土桩或钢筋混凝土桩,与桩间土形成复合地基,这种方法适用于处理深厚软弱地基。所以它对处理南充市区一级阶地前缘上的松散粉土层是较为适合的。

地基处理方法较多,不同方法有不同的适用条件,所以在选择地基处理方法时,必须仔细分析地基土的工程性质,并结合拟建建筑物的性质来具体考虑。

## 5 结论

1. 南充市区第四纪沉积物类型较多,按空间出露位置可分为河漫滩及砂洲、一级阶地、二级阶地和三级阶地 4 种类型;

2. 各类沉积物的工程地质性质不同,也较复杂,直接影响了工程对策的选择;

3. 针对南充市区第四纪沉积物性质不同和不同类型建筑物,可选择不同岩土层作基础持力层,不同的基坑支护结构与地基处理措施;

4. 怎样合理有效地利用好第四纪的岩土,对于

国民经济建设有着深远的意义,也是每一个工程地质工作者应尽的职责。笔者在此抛砖引玉,望更多的人加入到对南充市区第四纪沉积物的研究中。

#### 参考文献(References):

- [1] State standard: Code for investigation of geo-technical engineering (GB50021 - 2001), Beijing: China Architecture & Building Press, 2002. 1~ 303. [国家标准. 岩土工程勘察规范(GB50021 - 2001)[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2002. 1~ 303]
- [2] State standard: Code for design of building foundation (GB50007-2002), Beijing: China Architecture & Building Press, 2002. 1~ 262. [国家标准. 建筑地基基础设计规范(GB50007-2002)[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2002. 1~ 262]
- [3] Profession standard: Technical Specification for Retaining and Protection of Building Foundation Excavations (JGJ120-99), Beijing: China Architecture & Building Press, 1999. 1~ 242. [行业标准. 建筑基坑支护技术规程(JGJ120-99)[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 1999. 1~ 242]
- [4] Chang Shi-biao, Zhang Su-ming, Xiang Bo, et al. Handbook for Engineering geology (Third Edition), Beijing: China Architecture & Building Press, 1999. 1~ 884. [常士骠, 张苏明, 项勃, 等. 工程地质手册(第三版)[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 1999. 1~ 884]
- [5] Tang Xian-qiang, Xie Ying, et al. In-site tests Technology for Foundation engineering. Beijing: China Railway Press, 1993. 197~ 315. [唐贤强, 谢瑛, 等. 地基工程原位测试技术[M]. 北京: 中国铁道出版社, 1993. 197~ 315]

## Study on the Quaternary Sediments' Properties and Engineering Countermeasures in Nanchong City

SU Pei-dong and QIN Qi-rong

(Southwest Petroleum Institute, Xindu Sichuan 610500 China)

**Abstract:** Based on analyses of large amount of data, the quaternary sediments in Nanchong city are classified into 4 groups. The features of spatial distribution, physical-mechanical properties of each group are studied. Analysis of engineering countermeasures for quaternary sediments is conducted based on the selection of bearing stratum, foundation types, foundation pit bracing, ground treatment.

**Key words:** Nanchong city; Quaternary sediment; properties; engineering countermeasure