

川渝地区地基特点及常用桩型选择

黄韵文

中电系统建设工程有限公司

DOI:10.12238/btr.v8i3.4694

[摘要] 本文结合地域地基特点,着重介绍、指出了川渝地区极软岩、软岩及极软岩中的昔格达岩层对建筑工程基础产生的影响,并提出了解决方案。在经过多个项目的实践验证后,认为灌注桩后注浆施工工艺在川渝地区具有良好适用性,并提出了利用控制后注浆侧注浆位置进一步提升基桩承载力的新的办法。

[关键词] 川渝地区; 结构设计; 嵌岩桩; 后注浆

中图分类号: F293.1 **文献标识码:** A

Technological Process and Structural Design Key Points of Flexible Panel Factory in the Sichuan-Chongqing Region

Yunwen Huang

China Power System Construction Engineering Co., LTD

[Abstract] This paper, in combination with the characteristics of regional foundations, emphatically introduces and points out the influence of extremely soft rock, soft rock and the Xigeda rock stratum in extremely soft rock in the Sichuan-Chongqing area on the foundation of construction projects, and proposes solutions. After being verified by multiple projects, it is believed that the post-grouting construction technology of cast-in-place piles has good applicability in the Sichuan-Chongqing area, and a new method for further improving the bearing capacity of foundation piles by controlling the side grouting position of post-grouting is proposed.

[Key words] Sichuan-Chongqing region; structural design; embedded rock piles; post-grouting.

引言

川渝地区在大地构造上隶属上扬子准地台,核心区域四川盆地涵盖四川省中东部及重庆全域,总面积约26.3万平方千米。受特提斯-喜马拉雅与滨太平洋构造域共同作用,盆地四周由青藏高原东缘褶皱带、大巴山推覆构造、巫山断块山系等环绕,边缘山地海拔1000-3000米,新生代差异性隆升显著;盆底海拔250-750米,形成典型盆地地貌格局。

盆地底部自西向东分为三大地貌单元:成都平原属第四纪断陷盆地,受龙门山构造带控制,发育扇三角洲平原;川中丘陵以侏罗-白垩纪红层沉积为主,经燕山运动形成穹窿状褶皱;川东平行岭谷为喜马拉雅运动形成的隔挡式褶皱带,背斜与向斜相间分布。地表广泛出露中生代紫红色砂岩、泥岩和页岩,经风化形成富含矿物质的紫色土。

盆地地表岩石以中生代紫红色砂岩、泥岩及页岩为主,构成“红层”沉积建造,富含铁、铝氧化物,在长期风化作用下发育成紫色土。气候方面,川渝地区属亚热带季风性湿润气候,受地形与季风环流双重影响,气温呈现东高西低、南高北低、盆底高边缘低的分布特征。夏季平均气温24-28℃,极端高温达42℃;冬

季平均气温4-8℃,极端低温-8℃。年降水量1000-1300毫米,70-75%集中于6-10月,主要由夏季风携带水汽遇盆周山地抬升形成地形雨所致。^[1]

1 川渝地区软岩、极软岩的地质性状

通过川渝地区的相关项目情况并结合《四川省、重庆市地质质图》发现,在四川绵阳至巴中、甘洛至攀枝花、重庆一线存在大量红色粉砂岩/泥岩、白云质灰岩夹泥砂岩等黏土岩,这些岩层承载力很低,属于软岩、极软岩,绵阳某面板厂项目(简称A项目)所揭露泥岩的天然单轴抗压强度标准值 f_{rk} 低至3.1Mpa($f_{rk} \leq 5$ 为极软岩、 $15 \geq f_{rk} > 5$ 为软岩)、重庆某面板厂项目(简称B项目)所揭露泥岩的天然单轴抗压强度标准值 f_{rk} 低至5.87Mpa,且A项目统计值的背后仍存在大量在1Mpa左右的样本点,而同期东南沿海某项目所揭露的页岩地基,饱和单轴抗压强度标准值 f_{rk} 却高达37Mpa($60 \geq f_{rk} > 30$ 为较硬岩)以上。川渝上述A、B地块具有一定代表性,由表及里基本按填土、粘性土、强风化岩及中风化岩分布,均采用嵌岩桩基础,一般嵌岩桩桩侧摩阻力远小于嵌岩段综合阻力,而A地块却出现了极软岩的两个奇特现象:

(1)《建筑桩基技术规范》5.3.9条中给出了 $0 \leq \frac{hr}{d} \leq 8$ 时,对应的“嵌岩段侧阻和端阻综合系数 ζ_r ”值随着 hr/d 的增加(即入岩深度的加大), ζ_r 逐渐增大,但即使采用了 $hr/d=8$ 时的 ζ_r ,基桩承载力仍无法满足本项目承载力需求,而 $hr/d>8$ 时对应的 ζ_r 在规范内已无据可查;

(2)嵌岩段综合阻力占基桩承载力不到50%,即上覆粘土、强风化岩侧阻占基桩阻力的较大部分,这使得该类基桩在桩长不变时,越是深入中风化岩,基桩承载力越低。这也反映出规范对于极软岩的研究和原则制定尚存不足,且在工作学习中亦发现国内针对极软岩的相关论述及文献也很匮乏。

为避免规范的不足并提高极软岩区域基桩承载能力,同时结合面板厂房柱下力较大的实际情况,建议在无充分依据或无相邻地块参数可供参考的情况下,应采用前期试桩,以试桩结果作为后期桩基设计的理论依据。同时在条件允许的情况下采用下文所述的后注浆工艺,并结合桩基承载力试验,以最大程度的发掘极软岩地区的基桩承载能力,提升经济性、缩短工期、降低施工难度。

2 昔格达组岩层性状及规避措施

上文所述川渝部分地区分布有极软岩与软岩,其承载能力较弱,同时在该部分地区内局部(广泛分布于西昌、攀枝花沿线地区,绵阳地区部分地块也有类似属性)仍存在另一种不良地质情况,具有该不良地质情况的极软岩或软岩称为昔格达组岩层,其主要表现为以下性状:

(1)该区域内极软岩具有遇水泥化、软化和脱水开裂等特征;

(2)岩层强度较低,尤其是在水的作用下,承载性能和抗剪强度都将大幅度下降;

(3)岩体中常存在断裂和构造裂隙为主的破裂结构面;

(4)岩层中页岩、泥岩具有微细的层理,在风干后,特别是反复浸水,极易崩解;

(5)岩体中常有软弱沉积结构面,特别是所谓“红层”(很薄的红土层)等,使得该地层容易产生滑坡、塌方等不良地质灾害。^{[2][3]}

实际中A项目便遇到了类昔格达组岩层。针对不利性状(1)、(2),现场采用与后期工程桩相同施工工艺的试桩,以期在充分模拟考虑实际桩基湿作业施工对该种土层不利影响的情况下,提高基桩实际承载能力;针对(3)、(4),采用嵌岩段桩端后注浆工艺充实岩体内部微裂缝或尽量桩基深埋,增大桩底围压;针对(4)、(5),现场边坡避免采用岩石锚杆+喷浆钢筋网的护坡形式。通过以上措施,A项目类昔格达组岩层属性得到了较好的控制。

3 后注浆灌注桩在川渝地区的运用与思考

综合川渝地区地质条件而言,成都地区地质较为优良,土层由表及里基本按填土、粉质粘土/粉砂、各种疏密程度的卵石(松散~密实或超密)均较均匀分布。而对于卵石层其压缩模量基本在25~50Mpa之间,地基承载力特征值在200~600Kpa左右,如揭露卵石层埋藏较浅,对于现有单层工艺层,框柱下轴力标准值在15000KN左右,直接采用天然地基基础即可满足;双层工艺层,

框柱下轴力标准值在35000KN左右,则至少应达到中密到密实以上才可直接采用天然地基基础,同时由于卵石层较高的压缩模量,沉降风险较低。如揭露卵石层埋藏较深,可采用桩基础,而由于其较高的压缩模量,应采用旋挖钻孔灌注桩基础,并视水文分布情况采用干/湿作业施工方案。卵石层的侧摩阻力在140~170Kpa左右,端阻力在2000~4000Kpa,承载力较高。

以成都某同类型项目(简称C项目)为例,最终采用了8.5m(试验桩承台底标高下有效桩长为8.5m,其中最不利土层分布为按填土0.8m、粉质粘土2.8m、松散卵石0.6m、中密到密实卵石4.3m)有效桩长的桩端桩侧后注浆旋挖成孔灌注桩,桩等级C40,通过试桩,极限单桩承载力标准值为13000KN,取上一级单桩承载力特征值为11000KN的1/2=5500KN,800mm-C40-桩身砼受压强度对应的特征值为6150KN,最终考虑留有一定安全余量取基桩特征值为5000KN。如未注浆该桩型基桩承载力特征值为1700KN,而如不考虑后注浆,则为达到5000KN,桩长则需25m,同时需在密实卵石层中多钻进16.5m左右,这便证明了后注浆在成都地区及类似碎石卵石层地块的优越性:基桩承载能力可以提高3倍左右,桩长可以减少2/3,以C项目为例,主厂房7000根800直径桩,非后注浆基桩按0.055万元/m计,后注浆按每根0.033万元计,25m未后注浆方案共计9625万元,是8.5m后注浆方案共计3503.5万元的三倍,后者节省6000万,且对施工难度的降低、工期的缩短更是显而易见。

A项目与B项目土层相近,由于填土层较厚,采用了对填土层强夯的土质改良措施,经强夯后可消除负摩阻力且B项目取得土体承载力特征值不小于150KPa,压缩模量不小于12MPa,B项目土体承载力特征值不小于200KPa,压缩模量不应小于15MPa,两项目粘性土及强风化层均较薄,均以中风化基岩为持力层,桩型采用旋挖钻孔嵌岩灌注桩。后注浆对中风化岩端、侧阻力的提高程度有限,规范中对中风化岩亦没有提高系数的参考值。而A、B项目仍采用了后注浆工艺,且未考虑其对中风化岩阻力有限的提高程度,这里使用则是充分利用了后注浆的另一类构造好处。由于面板厂房的工艺特性,对不均匀沉降的要求比规范更加严格,整个厂房应按控制变形的原则进行基础设计。而A、B项目所处地块均以中风化泥岩/砂岩作为桩基础持力层,桩型为嵌岩桩。根据国内该类岩层后注浆实验及项目的试桩结果,现场仍采用后注浆施工工艺,以更有效减少沉渣对成桩质量的不利影响,减少后续工程桩出现质量缺陷的风险,减少基桩沉降,并可有效保障桩基施工的进度,在采用未注浆灌注桩试桩结果后,仅将后注浆对基桩承载力的提高作为基桩安全储备(即不提高基桩承载力特征值)。

事实证明,后注浆工艺无论用来提高承载力或在限制不均匀沉降方面均可发挥良好作用,相关项目在其使用荷载范围内,单桩变形均能控制在10mm以下。

由相关项目后注浆应用经验的积累,也通过本文总结出了后注浆工艺对基岩段更有效的应用方法。传统意义上后注浆的加固机理在于对桩侧泥皮、桩端沉渣的加固及在桩端形成扩大

头以增大端阻力,故对桩端的加固效应强于桩侧^{[4][5][6]}。而对于类似川渝地区以岩石为持力层的桩基,可在桩端正常注浆的同时,将桩侧注浆波纹管设置在基岩面以上2~3m处(如图Fig. 1),即在正常加固桩侧泥皮的同时在桩侧形成类似于桩端的扩大头效应。通过该方法可较好的提高后注浆在岩石类地基中的承载及加固能力。

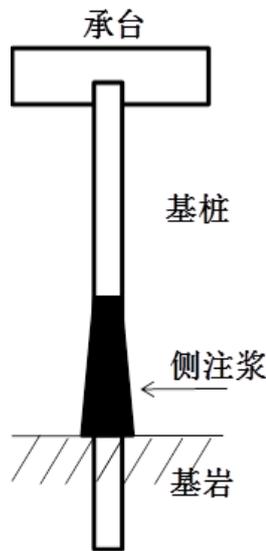


Fig. 1

4 结语

川渝地区较多地块存在软岩或极软岩,而对于这种岩层规范的研究和原则制定尚存不足,且相关论述及文献也很匮乏,同时川渝极软岩地区中特别是西昌-攀枝花一线存在昔格达组岩层,更加剧了基桩承载力的降低、也对施工质量提出了更高要

求。为了规避规范不足而导致桩基理论计算承载力较低的问题,建议对软岩、极软岩地区采用前期试桩或后注浆施工工艺,提高基桩承载能力。

综合川渝地区地质条件及面板厂房上部结构、地基基础控制特点,在本地区运用灌注桩后注浆工艺(特别对于卵石层地块)无论在基桩承载力提升、沉渣控制等方面均收到了良好效果。同时考虑到后注浆对以岩石类地基为持力层的桩基承载力提升有限的问题,提出了控制侧注浆位置于基岩面以上2~3m处,以在桩侧形成类似于桩端扩大头效应的解决方案。

【参考文献】

- [1]《四川盆地》.百度百科: <https://baike.baidu.com/item/%E5%9B%9B%E5%B7%9D%E7%9B%86%E5%9C%B0/404637>,2017.03.23.
- [2]刘智勇.昔格达泥岩中桩的承载性状及后注浆技术的应用[D].西南交通大学,2003.
- [3]赵春彦.昔格达岩层中灌注桩的轴向承载特性研究[D].西南交通大学,2005.
- [4]建筑桩基技术规范:JGJ94-2008[S],2008.
- [5]李文秀,董毅.大直径钻孔灌注桩桩底后注浆技术探究[J].科学技术创新,2022,(35):153-156.
- [6]白晓宇,牟洋洋,张明义,等.风化岩基大直径灌注桩后注浆承载性能试验研究[J].土木与环境工程学报(中英文),2019,41(02):1-11.

作者简介:

黄韵文(1985--),男,汉族,北京人,硕士研究生,副高级工程师,研究方向: 半导体厂房主体结构及地基基础的设计与研究。