

下陷倾斜建筑物地基渗透、压密灌浆处理

戴敬儒 张 龙

泸州市某小区1号、3号两幢砖混结构条石基础的8层住宅楼,在基本完成内外装饰、附属工程,用户陆续入户装修时,于1998年6月相继发现在1号楼第2、3单元非承重墙、承重墙、地圈梁、底楼地面及屋顶局部有裂缝;3号楼第3单元非承重墙、底楼地面局部有裂缝。裂缝的最大宽度已经达到4 mm,超过危房标准。1998年7月,由我处对该场地进行了工程地质调查,房屋产生裂缝,基础方面的原因主要是地基持力层承载力严重不足,而其它不良地质现象综合及相互“促进”作用,加剧不均匀沉降,测得最大日沉降2 mm,水平累计最大位移20 mm。经开发商、设计及有关工程技术人员综合分析,一致同意先采用灌浆方法处理地基,提高地基承载力,促其稳定,然后再进行上部结构处理。

1 工程地质条件

据工程地质补勘报告:地基基础以全~强风化薄~中厚层状灰色泥质粉细砂岩作持力层,该岩层极限承载力只有120~150 kPa(室内试验只有105 kPa),大大低于设计地基承载力250 kPa的要求(承重墙基础宽1.2 m,线荷载213~317 kN;非承重墙基础宽0.9 m,线荷载130 kN),且场地及周边存在着诸多不良地质现象(软弱夹层、裂隙发育、爆破及地下水等。)

2 灌浆施工

2.1 灌浆次序与灌浆段长度

由于上部岩石裂隙发育,又受爆破开挖的影响,岩石比较破碎、软弱,孔壁不均匀,渗漏情况严重,全孔采用自上而下分段灌浆,即自上而下逐段钻进,这样有利于普遍加固表层岩石,进行浅孔固结灌浆,等进行下一段时,有利于提高灌浆压力,而且全孔段均能自行复灌,达到压密、压实基底持力层,灌浆质量稳定,其次序为:钻进(一段)→洗孔→灌浆→待凝→钻进(二段)→洗孔→灌浆→封孔。

根据压浆试验,第一段的灌浆长度按孔深控制在2.50~3.00 m,第二段控制在5.00~5.50 m。

2.2 灌浆方式

在试验初期,首先采用了纯压式灌浆,即灌入灌浆段内的浆液,都扩散到岩石裂隙中去,不返回。但由于灌浆段内的浆液不是一直处于流动状态,特别是当单位吸浆量减少时,在灌浆过程中由于流速逐渐降低,而浆液又较浓时,浆液就很快沉淀,造成堵塞,这样,灌浆速度较慢,又可能影响灌浆质量。

在试验后期,采用了循环式灌浆,即砂浆原以一定的排浆量压送浆液,在泵的排液量大于岩石的吸浆量的情况下,进入孔段内的浆液一部分进入孔、裂隙扩散,余下的那一部分浆液便经回浆管路返出孔外,流回搅拌机。采用这种方式灌浆,使段内浆液始终保持循环流动状态,减少段内沉淀现象,有利于保证灌浆质量。

2.3 灌浆压力

由岩石的强度和岩性确定灌浆压力:

$$P=P_0+P_mD$$

式中： P ——灌浆压力，MPa； P_0 ——表面地段允许的压力(第一段取0.15 MPa，第二段取0.20 MPa)；
 P_m ——灌浆每加深1 m，岩石所允许增加的压力值(第一段 P_{m1} 取0.05 MPa，第二段 P_{m2} 取0.10 MPa)； D ——灌浆段岩石厚度，m。
 由此可以计算出：
 第一段灌浆：

$$P_1 = P_0 + P_{m1} D_1 = 0.15 + 0.05 \times 1 = 0.20 \text{ MPa}$$

第二段灌浆：

$$P_2 = P_0 + P_{m2} D_2 = 0.20 + 0.10 \times 3 = 0.50 \text{ MPa}$$

经灌浆试验验证：第一段灌浆，由于埋设了孔口管，压力应控制在0.20~0.25 MPa；第二段灌浆，压力控制在0.50 MPa左右。并可根据灌浆实际情况，合理调整。

对于透水性不大，岩石裂隙不甚发育的钻孔(主要为二次灌浆时用)，在灌浆开始时，由于单位吸浆量不大，可将压力尽快升到规定值，待吸浆总量达到200 L后，调换浆液配合比，逐级加浓，直至达到结束标准。

当初始低压(一次0.10~0.15 MPa、二次0.20~0.30 MPa)状态下，单位吸浆量仍很大，则待单位吸浆量减少到20 L/min以下时，将压力升高，直至在规定压力下，灌至结束标准时结束灌浆。

对于地层条件较好的地段，个别压力突破了规定值，如第一次灌浆达0.40 MPa，第二次灌浆达0.70 MPa，其目的在于尽量压密、压实持力层。

2.4 灌浆材料与配合比

选用425号普通硅酸盐水泥，无污染、不含有害杂质的自来水。在特殊情况下(如渗漏严重、吃浆量过大等)，掺入一定量的细砂(按水泥质量的30%~40%)，其含泥量 $\leq 3\%$ 。

水灰比初始采用0.8，以0.6或0.5结束灌浆。

2.5 灌浆结束的条件

在规定压力下，当灌浆段单位吸浆量 $< 0.60 \sim 0.80 \text{ L/min}$ 时，延续30 min；或灌浆段内几乎达到不进水泥浆的状态，延续灌注10~30 min；由于地表、其它孔内冒浆，待溢出浓浆时；地表出现隆起等现象。出现以上情况就立即停止灌浆。

在灌浆结束前，采用水灰比为0.6或0.5的浓水泥浆灌浆，待停泵片刻，孔内压力释放后，继续灌浆，直至溢出孔口。在整个灌浆工程结束前，进行逐孔检查，对个别钻孔用水灰比为0.5的浓浆从孔底补灌，直至合格。

2.6 灌浆量

1号、3号楼灌浆工程，连同试验在内，总计钻孔225个，成孔进尺1453.33 m，水泥注入总量61681 kg，基岩中平均单位注入量为63.63 kg/m。

3 灌浆效果检查

3.1 取样试验

根据设计，在1号楼钻了4个检查孔取样，进行室内试验分析，其结果如下：

灌浆前其极限承载力仅105 kPa，灌浆后承载力270~400 kPa，灌浆后基础明显加固；

灌浆前的自然含水量、孔隙比均比灌浆后大，且自然密度从灌浆前的 1.93 g/cm^3 提高到灌浆后的 $2.14 \sim 2.37 \text{ g/cm}^3$ 。

3.2 单位吸浆量检查

1号楼53、148号2个灌浆孔在进行封孔检查时，发现其孔深分别为3.80、4.60 m；封孔前，对其进行了复灌，灌浆压力为0.50~0.70 MPa，其单位吸浆量 $< 0.20 \text{ L/min}$ ，且钻孔周围无冒浆、串浆现象，前后对照，效果十分明显。

3.3 标准贯入试验

在检1、2、3、4号孔孔深1.31~4.30 m, 分段进行了标准贯入试验, 经修正后: $N_{63.5}=41\sim66$, 参照GBJ7-89规范规定用N值确定砂土承载力标准值, 得 $f_k>300$ kPa。

3.4 人工挖槽检查

为了获得更为直观的灌浆效果, 在1号楼的53与54号孔、147与148号孔之间分别开挖坑槽一个, 深度至基础垫层以下, 从断面上看, 浆液充填了所有裂隙, 压密、压实了基础岩石及基槽回填土, 且岩石中含水量明显减少, 水泥岩石致密, 强度好, 提高基础岩石承载力效果明显。

3.5 西北小区道开挖检查

位于1号楼正前方的西北小区道, 在完成1号楼灌浆后开始平整路面, 在开挖过程中, ①~⑨轴前方到处可见充填于裂隙中的水泥结石, 结石最大厚度达25 mm, 且胶结致密, 强度好, 同时可见岩石中无地下水漫流, 且含水量明显减少。

4 建筑物位移观测成果与现状

施工前, 测得最大日沉降2 mm, 水平累计最大位移20 mm; 当工程施工近50%时, 水平及垂直位移则基本停止, 工程完工后测试4次(10天一次), 结果均在允许观测误差以内。说明建筑物基础处理已经达到了预期目的。

基础处理完工以后, 施工单位立即对主体开裂部位进行了补强加固。目前, 全部住户已入住, 继续观测未发现任何不良现象。■

作者简介: 戴敬儒: 1965年生, 四川省煤田地质局泸州135工程处副处长, 总工程师; 1988年毕业于中国矿业大学煤田地质专业; 现主要从事工程地质及岩土工程工作。

张龙: 四川省煤田地质局泸州135工程处。

作者单位: 646000 四川省泸州市灯杆山; 电话: 0830-3190897转3082。

参考文献

- [1] 刘景政, 杨素春, 钟冬波.地基处理与实例分析.北京: 中国建筑工业出版社, 1998.
- [2] 常士骠, 张苏民.工程地质手册.北京: 中国建筑工业出版社, 1993.
- [3] 叶书麟, 韩杰, 叶观宝.地基处理与托换技术.北京: 中国建筑工业出版社, 1994.

收稿日期: 1998-12-09 改回日期: 1999-04-09