

基础底板注浆防渗技术研究及应用

史金星, 杨刚, 姜谔南

(大连海事大学道路与桥梁工程研究所, 辽宁 大连 116026)

摘要:部分采用片筏基础的建筑, 当其地下室基础底板处于地下水水位以下时, 由于勘察、设计、施工或其他诸如自然灾害等因素导致基础底板发生渗水现象^[1]。经过认真分析研究及工程应用, 针对此种工程事故提出了一种创新施工方法, 即采用两次注浆防渗技术进行整治, 效果较好。并提供一个工程实例以供参考。

关键词:基础底板; 渗水; 注浆; 防渗; 水玻璃; 丙烯酸盐

中图分类号: TU472.6 **文献标识码:** B **文章编号:** 1672-7428(2008)01-0044-04

Study and Application of Seepage Prevention Grouting Technology in Foundation Slab/SHI Jin-xing, YANG Gang, JIANG An-nan (Dalian Maritime University, Dalian Liaoning 116026, China)

Abstract: For those buildings with slices of raft, when the foundation slab is under groundwater level, seepage will occur because of survey, design, construction and some other causes such as natural disaster. An innovating construction method is introduced according to this problem with field case, which is seepage control by secondary grouting.

Key words: foundation slab; seepage; grouting; seepage control; sodium silicate binder; acrylic salt

0 引言

目前国内在建或已竣工的高层建筑地下室的防水工程普遍采用刚性防水、柔性防水或刚柔结合防水, 普遍效果较好。但很多处于地下水水位以下的地下室基础底板或外墙还是会出现不同程度的渗水现象, 尤其是变形缝处, 例如某些带裙房的高层建筑, 由于裙房和主楼基础底板设计高差较大、之间设置后浇带, 如若施工质量或工艺把握不严, 加上地下水水位较高, 可能会由于不均匀沉降或施工工艺及施工质量问题导致出现地下室主楼和裙房之间的基础后浇带附近出现渗水现象, 甚至有个别的地下室外墙主楼和裙房之间的后浇带处也有渗水现象发生。由于对于地下室外墙后浇带出现渗水的现象极少且处理起来极为繁琐, 本文只针对地下室基础底板渗水现象的成因、处理过程及原理进行讨论研究, 并介绍一个高层建筑柱下筏板基础关于地下室主楼和裙房之间的基础后浇带附近出现渗水现象的工程实例, 可以为欲解决此类现象的工程技术人员提供一些参考。

1 渗水成因

1.1 底板大面积渗水现象成因

(1) 基础防水设计只采用刚性防水方案。

(2) 在灌注混凝土的过程中, 因为搅拌不均、振捣不实等原因导致混凝土中出现大孔隙。

(3) 深基坑降水采用井点降水未达到预定要求, 比如暴雨导致地下水水位急剧上涨而水泵设计数量达不到要求或水泵发生故障或停电等原因导致不具备灌注混凝土的基本条件, 但为了抢工期而带水施工。

1.2 施工缝、变形缝渗水现象成因

(1) 对于高层建筑基础底板多为大面积混凝土施工, 施工过程中需分单元浇注, 形成施工冷缝, 若未能对施工缝基面浮灰、杂物等按规范规程施工, 则成为防水薄弱环节。

(2) 变形缝包括伸缩缝和沉降缝, 它的作用是为了适应工程结构的伸缩、沉降、位移和变形, 避免结构的损坏。变形缝渗水的主要原因是止水带固定不牢、偏离中心, 混凝土振捣不实, 出现较大的孔洞。目前常用的止水带有钢板止水带和橡胶止水带, 对于止水的效果来说钢板止水带要好于橡胶止水带, 因此在使用橡胶止水带时要尤其避免止水带的破损, 降低渗水概率。

(3) 对于带裙房的高层建筑, 由于裙房和主楼基础底板设计高差较大而设后浇带, 如若施工质量或工艺把握不严加上地下水水位较高, 可能会由于

收稿日期: 2007-06-28

作者简介: 史金星(1980-), 男(满族), 辽宁凤市人, 大连海事大学道路与桥梁工程研究所硕士研究生在读, 道路与铁道工程专业, 从事土建、结构改造加固、预应力、地基加固工程的施工技术管理工作, 辽宁省大连市; 杨刚(1959-), 男(汉族), 辽宁沈阳人, 大连海事大学道路与桥梁工程研究所教授、博士生导师、实验室主任, 机械工程专业, 博士; 姜谔男(1971-), 男(汉族), 山东烟台人, 大连海事大学道路与桥梁工程研究所副教授、硕士生导师, 工程力学专业, 博士。

不均匀沉降导致出现地下室主楼和裙房之间的基础后浇带附近混凝土出现裂缝从而导致渗水现象的发生,本文所给案例就是属于此类情况。

2 防渗方法

(1)地质勘察资料要作完备,便于预测地下水水位的变化趋势,从而为施工单位作好基础施工方案提供依据,如果条件允许,施工单位最好作一套完备的基坑降水应急方案。

(2)设计上尽量采取刚柔结合的防水方案设计,相当于为工程防水加上双重保险。

(3)当出现地下室底板渗水情况时,应根据现场实际情况选择适合的施工方法。目前针对地下室底板渗水有堵、涂、抹(喷)、注等施工工艺及相应的防水材料^[2]。

①堵:常用的材料有速效堵漏粉、硅酸钠速凝剂、石膏水泥浆、急结堵漏防水液、硫铝酸盐水泥、普通硅酸盐水泥或普通硅酸盐水泥+水玻璃等。

②涂:常用的材料有焦油聚氨酯、RG 型防水涂料、环氧树脂水泥等。

③嵌:常用的材料有遇水膨胀橡胶、PU 型聚氨酯密封膏、PT 型嵌缝胶泥、裂缝灌浆料等。

④抹(喷):常用的材料有防水砂浆、聚合物砂浆(丙乳砂浆、SBR 砂浆等)等。

⑤注:常用的材料有环氧、甲凝、丙凝、丙烯酸盐、酸性和碱性水玻璃、水溶性和非水溶性及弹性聚氨酯、脲醛树脂、铬木素等。

3 研究成果

笔者经过多年理论研究和实践基础,对高层建筑地下室底板渗水较严重的工程总结出一套较为可行且效果良好的方法,即通过两次注浆——先用 425 普通硅酸盐水泥-水玻璃双液注浆进行堵水,再注丙烯酸盐化学浆液进行防渗,最终达到防渗的目的。

3.1 确定渗水区域,画注浆孔布置图

确定渗水区域,用水泵等排水设备排干地下室积水,将地下室基础底板清理干净,进而明确渗水具体位置,然后沿渗水区域按矩形或梅花型排列注浆孔,由于不同建筑的地基情况各不相同,且考虑注浆管埋置深度不同,按照通常的假设,浆液在土体中呈球状扩散很难用公认的理论公式确定浆液扩散半径。笔者通过经验初步认为可暂按照孔间距 2~4 m 布孔,即估计浆液扩散半径 1~2 m,但钻孔时尽

量先按照注浆孔布置图间隔钻孔,因为当注某一个孔时,浆液有时会渗入与其相邻注浆孔而导致相邻的注浆孔被堵死,而且间隔注浆会达到很好的效果,保证浆液在底板下均匀分布,钻孔机具可采用水钻。

3.2 埋设注浆管

注浆前期准备工作,钻孔结束后需马上安装注浆管,此时需根据现场实际情况,如注浆管埋置深度、注浆孔径大小、注浆压力大小等条件选择方法解决注浆时从注浆管侧壁回浆问题以及分段注浆问题,现在国内有多种止浆塞可供选择,当预计注浆压力较小时也可自行研究方法设计注浆管埋置问题,本文工程实例就是采用笔者自行设计的方法解决此问题的。

3.3 一次注浆堵水

首先采用 425 普通硅酸盐水泥-水玻璃双液注浆,这里加水玻璃的目的是加快水泥初凝速度,由于地下室底板受地下水的影响,水泥凝结速度缓慢,为达到良好的堵漏效果而采用的外加剂。水玻璃浆材有着粘度低、可灌性好、造价低等优点,此外水玻璃除了可能引起碱性污染外,不会造成其它严重的环境问题。但采用此法需根据现场温度、水泥浆的水灰比及计划水泥初凝时间等条件先作水泥和水玻璃的配比试验,以达到自己的要求,这是本环节的一个难点也是一个重点。早些年有研究者对地下工程防水提出了“堵防结合、刚柔结合、因地制宜、综合治理”的原则,并提出“堵漏”与“防水”是两个不同的概念,目的是相同的,他们之间互相依存,相辅相成,但又有区别。堵漏是通过一种手段,把水源堵住。防水是在堵漏的基础上再增加一、两道附加防水层,彻底堵截渗水,以满足工程防水的需要^[3]。因此注水泥浆-水玻璃双液浆的本质就是堵水,而接下来注丙烯酸盐化学浆液的实质就是防渗。注浆控制措施有两种:一是注浆压力控制,二是水泥(化学浆液)用量控制,需根据现场实际情况把握。

3.4 二次注浆防渗

最后一道工序就是注丙烯酸盐化学浆液,工艺流程及注浆控制同一次注浆,但注浆压力通常比一次注浆高一些,并把双液注浆改为单液注浆。这道工序也是地下室底板注浆防渗的最终环节。在这里需指明采用丙烯酸盐化学浆液的原因。我国在化学灌浆技术领域已经有了 50 多年的发展经验,很多国外常用的化学灌浆浆材品种我国都已开发出来,如环氧、甲凝、丙凝、丙烯酸盐等。而无公害、耐久性好、适应工程等各种苛刻要求且价格低廉等指标已

成为目前衡量化学浆液的主要标准。之所以选择丙烯酸盐就是考虑丙烯酸盐化学浆液的研究使用目前已经比较成熟,且它的毒副作用仅为丙凝的 1%,成为实际无毒浆材^[3]。在提倡环保的今天,丙烯酸盐化学浆液无疑是目前较好的选择。

4 工程实例

4.1 工程概况

北方某高层建筑主体 30 层、裙房 4 层、地下 2 层,采用柱下筏板基础,地下防水采用刚性防水,地下室底板标高 -10.00 m,主楼底板厚度 1800 mm,裙房底板厚度 700 mm,之间设一 45° 角的变截面。根据工程地质勘察报告,地下水水位标高 -5.10 m,采用井点降水。主体结构封顶后进行建筑装饰时发现主楼与裙房地下室基础底板后浇带附近出现部分肉眼可见裂缝及大面积渗水现象。

4.2 原因分析

经过分析,确定地下室底板渗水的主要原因是因为该工程地处北方寒冷区域,由于未能按计划于冬季来临前主体结构封顶,而又欲于地下水冰冻前撤除井点降水,所以在主体结构封顶前提前浇注主体与裙房之间基础后浇带,主体结构封顶后由于不均匀沉降导致主楼与裙房地下室底板后浇带附近混凝土出现部分开裂现象,刚性防水部分失效,加之又未设柔性防水,最终导致地下室底板后浇带附近出现渗水现象。

4.3 技术措施

4.3.1 确定渗水区域,画注浆孔布置图

现场经过排水清理后,进行实地考察分析,确定渗水区域为地下室基础底板后浇带两侧附近,并进一步确定渗水是沿着地下室基础底板后浇带两侧平行于后浇带附近出现的几条线形分布的裂缝中渗出,根据此画出注浆孔布置图(详见图 1),其中⑤轴一侧为主楼基础、⑥轴一侧为裙房基础。

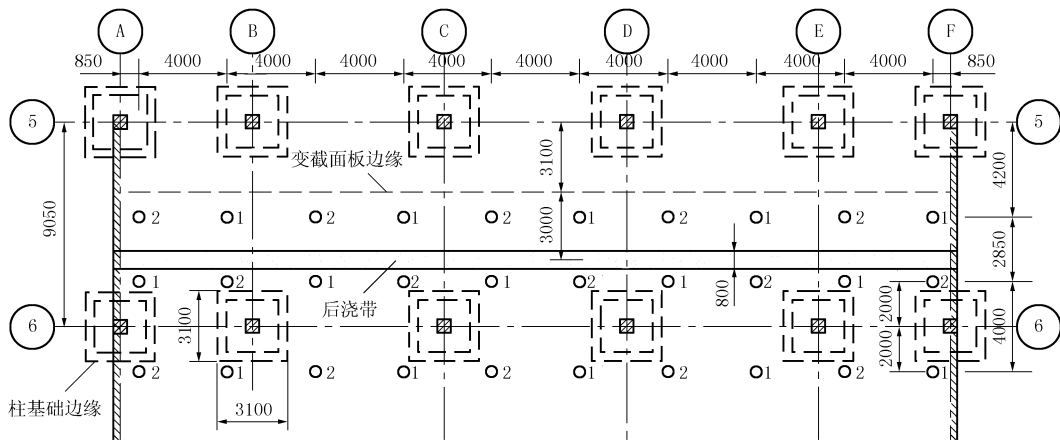


图 1 一次注浆孔布置图

4.3.2 埋设注浆管

首先计算注浆孔水压力,进而初步判断注浆压力,并选取注浆管埋置方式。对于本工程,底板上表面水头差 $H = 10 - 5.1 = 4.9$ m,注浆孔孔径 $d = 32$ mm,一次注浆管埋置深度 $h = 0.7$ m(同地下室基础底板厚度一致),底板上表面水压强 $P = \rho g H = 1000 \times 9.8 \times 4.9 = 48020 \text{ N/m}^2 = 0.048 \text{ MPa}$,注浆管出口处水压强 $P' = \rho g (H + h) = 1000 \times 9.8 \times (4.9 + 0.7) = 54880 \text{ N/m}^2 = 0.055 \text{ MPa}$,地下室底板上表面注浆孔单孔的水压力 $F = P \pi d^2 / 4 = 48020 \times 3.14 \times 0.032^2 / 4 = 38.6 \text{ N}$ (约为 3.9 kg/孔),注浆压力定为 2~3 MPa,最高不超过 5 MPa。然后用 $\text{Ø}32$ mm 水钻钻头钻孔,切记钻孔前要备好堵水工具,如软木塞等,并且要作好应急预案,因为一旦钻孔成功,会

有大量地下水涌出,所以抽水泵等设备要提前连接好。本工程采用一台 30 m 扬程直立式无堵塞潜水排污泵(40LW-15-30-2.2 型)进行排水,潜水泵置于底板排水坑中。另外再备一台 30 m 扬程普通潜水泵(40QS-15-30-1.5 型)置于排水坑中,它的用途有 2 个:一是紧急时也可以用来向外排地下室水;二是因为一次注浆中配水泥浆需大量清水,可以利用地下水,解决现场用水问题,但注意要用至少 25 目的密目网包裹住潜水泵,这是防止杂质堵注浆机和注浆管的必备措施。钻孔成功后按如图 2 方式埋置注浆管。

4.3.3 一次注浆堵水

采用高压注浆泵双液注浆,注 425 普通硅酸盐水泥浆-水玻璃混合浆液,在通过制浆机配水泥浆

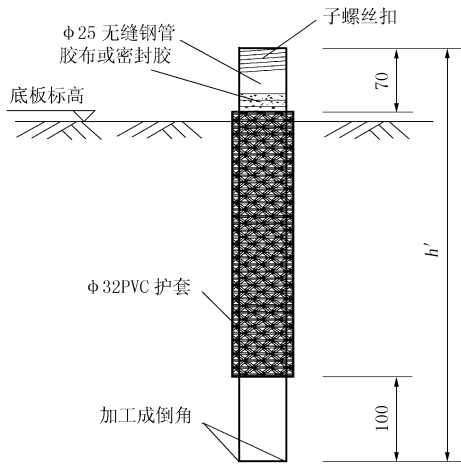


图 2 埋置注浆管详图

注:1. 该注浆管为自己设计加工,子螺丝扣要与注浆机连接的母扣相吻合;2. 胶布或密封胶的目的:一是防止从该处渗水或渗浆,二是在安装注浆管时可以防止 PVC 管滑倒;3. 由于压力较小,注浆前后可以用软土塞住注浆管上口,防止水或注浆液涌出;4. PVC 护套外需缠几圈胶布,加强与孔壁的密合。

前,水泥必须经过 25 目钢丝过滤网过筛,防止由于水泥凝块或其他一些杂质混入注浆机导致注浆机或注浆管被堵,影响工期及工程质量。由于现场实际情况不同,可根据工程自身需要进行水泥浆-水玻璃配比试验,处于谨慎考虑,笔者不提供现场试验配比但提供水泥-水玻璃配比理论资料如表 1 作为参考。注浆按照注浆孔布置图中“1”位置采用隔孔注浆的方式。这里需指出本工程的一点施工经验,在实际注浆时常会发生第一个孔注浆时,浆液会从其它孔流出,因此,如果现场条件允许,尽量钻孔和注浆同时进行,既注第一个孔的同时,钻下一个孔,等到第一个孔注完,下一个孔刚好钻完,依次类推,这样可以避免上述情况发生。主要用注浆压力来控制,维持注浆压力在 2~3 MPa 为最佳,最高不超过 5 MPa,有个别超过的情况立即停机,然后换孔注浆。工艺流程详见图 3^[4]。

表 1 水泥-水玻璃浆液不同条件下的胶凝时间

水玻璃浓度/ B_e'	30			35			40			45			备注	
浆液温度/ $^{\circ}C$	15	23	29	15	23	29	15	23	29	15	23	29		
水泥	1: 0.5	40"	28"	11"	42"	29"	14"	46"	34"	18"	1'05"	42"	29"	$M = 2.96$, 水灰比 = 0.6: 1
	1: 1.0	1'12"	51"	35"	1'16"	56"	41"	1'20"	1'08"	56"	1'41"	1'17"	1'04"	
浆-水玻璃	1: 0.5	45"	32"	20"	54"	37"	26"	1'03"	42"	24"	1'15"	51"	37"	$M = 2.96$, 水灰比 = 0.8: 1
	1: 1.0	1'21"	56"	43"	1'36"	1'12"	58"	1'55"	1'32"	1'10"	2'23"	1'52"	1'38"	
玻璃	1: 0.5	58"	40"	31"	1'02"	47"	34"	1'14"	52"	35"	1'40"	1'02"	52"	$M = 2.96$, 水灰比 = 1.0: 1
	1: 1.0	1'52"	1'12"	57"	2'18"	1'26"	1'18"	2'43"	1'51"	1'30"	3'27"	2'10"	1'56"	

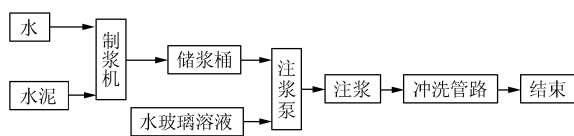


图 3 双液注浆工艺流程图

由于使用的是双液注浆机,所以只需将 2 个吸浆管全部用来吸丙烯酸盐化学浆液即可,避免了机械轮换带来的浪费。二次注浆的控制仍然用注浆压力来控制,由于已经注过一次,所以二次注浆压力控制提高到 4~5 MPa。

4.3.5 检查验收

工程结束后,彻底清理现场,风干后检查原渗水处,没有发现渗水现象。现场通过实地原裂缝处随机钻孔取样,钻孔 700 mm 后未发现渗水现象,达到预期效果。最终质量满足《地下防水工程施工质量验收规范》(GB 50208-2002)和《建筑安装工程质量检验评定统一标准》(GBJ 300-88)的要求。

参考文献:

[1] 唐业清. 简明地基基础设计施工手册[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2005.
 [2] 姚源道, 刘忠义. 地下工程堵漏技术[J]. 建筑技术, 1994, (4).
 [3] 蒋硕忠. 我国化学灌浆技术与展望[J]. 长江科学院院报, 2003, (10).
 [4] 杨晓华, 俞永华. 水泥-水玻璃双液注浆在黄土隧道施工中的应用[J]. 中国公路学报, 2004, (4).

4.3.4 二次注浆防渗

在一次注浆结束后,再次排干现场积水并清理现场,检查原裂缝处渗水情况,发现效果十分理想,基本达到预期要求。对于个别仍有渗水现象的位置重新布孔注浆,直至完全没有渗水现象。最后一道工序就是采用丙烯酸盐化学浆液注浆防渗,工艺流程及注浆控制同一次注浆。这次按照注浆孔布置图中“2”所示位置钻注浆孔→按图 2 埋置注浆管→注丙烯酸盐化学浆。这里需指出,由于在此次注浆前已经注过水泥浆,故地下室基础底板已经不只 700 mm 厚混凝土,通常会多出 100~300 mm 的水泥堵水层,这样会增加钻孔难度,但也会从侧面检验下一次注浆的效果。根据本工程经验,基本不会出现钻透 700 mm 厚混凝土底板就出水的现象,这表明一次注浆堵水是很成功的。二次注浆为单液注浆,