

某建筑工地基桩工程质量事故分析

杨元意^{1,2}, 高燕¹

(1. 四川建筑职业技术学院, 四川 德阳 618000; 2. 成都理工大学材料化学与化工学院, 成都 610059)

摘要:某建筑工地在浇筑混凝土基桩时产生了严重的质量问题,出现了部分桩体产生严重离析、分层甚至没有强度等问题。针对该混凝土基桩取芯样品产生的问题进行了分类整理分析,并对取芯样品强度、细集料、粗集料、地下水、水泥等组成材料进行试验检测与分析,并按施工条件设计了实验室内模拟实验,对事故原因进行了分析解释。试验结果显示:混凝土取芯样品强度偏低,各组成材料及地下水均满足要求,模拟实验结果证实造成混凝土基桩质量问题的主要原因是由于地下水未排干、未下导管并振捣所致。

关键词:基桩;取芯;混凝土;事故分析

中图分类号:TU473.1

文献标志码:A

引言

自研制出水下混凝土以来,随着建筑工程的迅速发展,水下混凝土在桥梁工程、高层建筑、公路施工中的应用更加广泛,尤其是作为桥梁施工、高层建筑地下工程的桩基础,水下混凝土已成为其质量控制的关键环节^[1-3]。水下混凝土浇筑桩在我国的研究还处于开始阶段,技术水平比较低,而且其设计和施工工艺在一定程度上仍参照地上普通混凝土灌注桩的设计和施工工艺,在材料选择、配合比设计和施工工艺上还存在着许多不足^[4-5]。

浇筑水下混凝土如灌注桩是保证建筑工程安全和质量的关键施工工序^[6-7],四川某建筑工地17号楼在浇筑C30混凝土基桩时出现了严重的质量问题,通过低应变和混凝土取芯发现桩体强度不够,部分桩体产生严重离析、分层甚至没有强度等问题,由于作业过程中操作的不规范和现场部分资料保存不完整,而无法找到造成事故的原因成为困扰施工企业和商混公司的一大难题^[8],本文针对该工地混凝土基桩取芯样品及混凝土材料性能等方面展开了试验检测与分析,并推测出该工程产生问题的原因,这对于指导今后基桩施工作业和为避

免此类事故的再次发生,以及逆向分析事故原因具有重要参考意义。

1 工程中基桩质量统计分析

通过对相关工程取芯检测结果数据进行整理和归类发现,17号楼桩基础出现工程质量的混凝土桩情况大致分为四大类,分别见下表1~表4,可知该楼基桩质量问题较为严重和复杂。

表1 第一类基桩混凝土质量情况

序号	混凝土材质较均匀,成型较好/m	混凝土材质不均匀,强度低/m	混凝土松散/m
6#	2.6~4.6	4.7~5.3	5.3~底部
10#	2.3~4.6	4.7~6.1	6.1~底部
15#	0.9~5.1	5.1~6.0	6.0~底部
17#	1.0~5.3	5.3~5.8	5.6~底部
18#	0.9~4.0	4.0~4.6	4.6~底部
27#	0.9~5.3	5.3~5.7	5.7~底部
29#	1.1~3.3	5.0~5.6	5.6~底部
29#	1.0~4.6	4.6~5.7	5.7~底部
44#	1.3~4.0	4.0~5.6	5.6~底部
45#	1.4~5.7	5.7~6.3	6.3~底部
46#	1.2~5.0	5.0~7.0	7.0~底部
47#	1.3~5.6	5.6~6.6	6.6~底部
49#	1.4~4.2	4.2~6.1	6.1~底部

收稿日期:2016-10-17

作者简介:杨元意(1989-),男,四川自贡人,讲师,博士生,主要从事建筑材料方面的研究,(E-mail)443745846@qq.com

表 2 第二类基桩混凝土质量情况

桩号	混凝土材质较均匀,成型较好/m	混凝土松散/m
35#	孔口~3.2	3.2~底部
19#	1.3~4.1	4.1~底部
32#	0.9~6.5	6.50~8.7
37#	1.3~5.9	5.9~底部
40#	1.3~5.9	5.9~底部
48#	1.4~3.8	3.8~底部
60#	1.3~4.2	4.2~底部

表 3 第三类基桩混凝土全部松散、无胶结能力

桩号	混凝土松散/m
12#	1.30~底部
24#	3.40~7.00
25#	0.90~底部
36#	0.90~底部
53#	1.10~7.90
54#	1.30~底部
59#	1.47~底部

表 4 第四类基桩混凝土的特殊质量情况

桩号	混凝土纯浮浆,无石子/m	混凝土材质较均匀,成型较好/m	混凝土材质不均匀,强度低/m	混凝土松散/m
28#	1.0~3.0	/	/	/
43#	/	1.4~底部	/	/
34#	1.1~2.3	2.3~5.7	/	5.7~底部
39#	1.7~2.5	/	2.5~3.3(石子较少)	3.2~底部(4.3~5.0米出现夹层砂浆,8.6~底部砼无水泥,砂石成原状)
61#	0.8~1.2	/	/	1.2~底部(3.5~4.35米处砼无石子,现场显示为浮浆)
58#	0.7~1.7(米处砼松散,易凿打)	1.7~3.5	3.5~4.3	4.3~底部

由表 1~表 4 可知,17 号楼基桩工程统计出 33 根存在质量问题的基桩,主要出现的问题有:(1)上部质量合格,中部混凝土材质不均匀,底部出现严重的松散。(2)整个桩体均出现了无胶结和松散状态。(3)上部质量合格,下部松散。(4)无规律性的质量问题。其中,表现为第一类型质量情况的有 13 根桩,所占比例为 39.4%;出现第二类型质量情况的有 7 根桩,所占比例为 21.2%;出现第三类型质量情况的有 7 根桩,所占比例为 21.2%;出现第四类质量情况的有 6 根桩,所占比例为 18.2%。第一类、第二类和第四类中的部分桩基质量情况类似,均属于上中部强度高,下部强度低、松散无胶结能力。该基桩工程出现了严重的质量问题,并且表现出不规律性,为事故原因分析造成了很大的难度。

2 试验及结果分析

对现场部分较完好的桩体进行取芯作业,样品如图 1 所示,从外观上判断,取芯样品大小不均一,多数出现破损或者破碎,说明该混凝土在取芯过程中容易断裂,初步判断该混凝土桩取芯样品强度偏低,并取得相应的混凝土施工配合比和组成材料,以及相关地下水进行配浆试验(表 5)。

表 5 施工试验配合比

规格	自来水	水泥	Ⅱ级粉煤灰	中砂	碎石/(5~25 mm)	外加剂
1 m ³ /kg	175	375	35	756	1010	9



图 1 现场取芯材料

2.1 取芯样品抗压强度试验

参照建筑基桩检测技术规范^[9],将从现场取芯的混凝土芯样加工为长径比为 1:1 的圆柱体,并使用万能试验机进行压缩实验,结果见表 6,由试验数据可知混凝土基桩取芯样品除 2 号试件外,强度值均较混凝土 C30 标号值偏低,说明问题基桩上部外观完好的部分质量仍然难以达到要求,这与无损检测结果保持一致。

表 6 应力-应变试验结果

编号	直径/mm	长度/mm	最大载荷/kN	强度/MPa	最大载荷变形/mm
1	70	140	54.93	14.28	1.55
2	70	70	137.07	35.6	2.17
3	70	70	102.68	26.69	2.07
4	85	80	150.52	26.54	2.44
5	85	80	153.01	26.98	2.26
6	85	90	147.25	25.96	2.29

2.2 混凝土组成材料试验检测

为了充分判断混凝土质量问题的根源,从材料科学的角度出发对混凝土各组成材料:水泥、粉煤灰、细集料、粗集料和外加剂进行检测和分析。

混凝土中水泥(P·O42.5R)质量检测报告见表7,可知该水泥中三氧化硫和烧失量指标均符合通用硅酸盐水泥^[10]的要求。粉煤灰质量检测报告见表8,可知所用粉煤灰除烧失量超过I级粉煤灰的烧失量要求外,其它指标满足要求。混凝土所用细集料和粗集料检测结果见表9和表10,可知其均满足国家相应标准。通过以

上实验结果可知,粉煤灰、砂、石满足国家标准使用要求,水泥的烧失量和三氧化硫含量略微超标,但并不是够成混凝土不凝固的主因。

表7 水泥的化学指标检测

P·O 42.5R	检测含量	GB175-2007
三氧化硫(质量分数/%)	3.81	≤3.5
氧化镁(质量分数/%)	1.57	≤5.0
氯离子(质量分数/%)	/	≤0.06
碱含量(Na ₂ O+0.658K ₂ O)	1.17	≤0.6
烧失量(质量分数/%)	5.3375	≤5.0

表8 粉煤灰的化学组分检测

粉煤灰	检测含量	GB1596-2005			GB/T18736-2002	
		I	II	III	I	II
烧失量(质量分数/%)	6.0403	≤5.0	≤8.0	≤15.0	≤5.0	≤8.0
三氧化硫(质量分数/%)	1.43		≤3.0			≤3.0
碱含量(Na ₂ O+0.658K ₂ O)	2.028		/			/
氯离子(质量分数/%)	/		/			≤0.02

表9 砂中有害物质检测

砂	检测含量	GB/T14684-2011			JGJ52-2006			
		巴中直接送样砂	芯样剥离砂	I	II	III	预应力混凝土	钢筋混凝土
硫化物及硫酸盐(折算成SO ₃ 按质量计%)	0.11	0.64		≤0.5			≤1.0	
氯化物(以氯离子质量计%)	/	0.02	≤0.01	≤0.02	≤0.06	≤0.02	≤0.06	

表10 石中有害物质检测

砂	检测含量	GB/T14685-2011			JGJ52-2006			
		巴中直接送样石	芯样剥离石	I	II	III		
硫化物及硫酸盐(折算成SO ₃ 按质量计%)	0.10	0.30	≤0.5	≤1.0	≤1.0		≤1.0	

为了判断是否存在误用粉煤灰为水泥进行配浆,通过对对比部分取芯样中的各化学组成(表11),发现8#和9#芯样中CaO含量小于水泥中CaO含量,大于粉煤灰、砂、石中的CaO含量;8#和9#芯样中SiO₂含量小于砂、石中SiO₂含量,大于粉煤灰、水泥中的SiO₂含量。9#样

中的CaO和SiO₂含量组成可从侧面证明:17号楼61#桩5m处未凝结芯样和4.5m处凝结芯样中均存在水泥,将粉煤灰误用为水泥的可能性不存在。综述所述粉煤灰、砂、石满足国家标准使用要求,水泥的烧失量和SO₃含量略微超标,从而排除了粉煤灰误用为水泥的情况发生。

表11 芯样与原料中CaO和SiO₂的对比表

项目	1#-水泥	2#-粉煤灰	3#-送样砂	4#-送样石	6#-剥离砂	7#-剥离石	8#-凝结芯样	9#-未凝结芯样
CaO	52.55	21.04	3.91	11.94	12.89	5.33	26.40	23.93
SiO ₂	23.92	43.12	84.51	67.78	68.88	80.61	45.18	48.55

2.3 地下水检测试验

2.3.1 化学成分分析

施工环境地下水化学成分检测结果见表12,可知除pH值项目以外均达到地下水环境质量标准(GB/T14848-93)Ⅲ类水域标准值,并可该地下水成弱碱性。

2.3.2 地下水对水泥性能的影响

根据混凝土用水标准(JGJ63-2006),分别检测地下水作为拌合用水和养护用水对水泥性能的影响。

2.3.2.1 地下水作为拌合用水对水泥性能的影响

(1)对水泥强度的影响

表12 地表水监测结果

序号	项目	地下水1号样品	地下水2号样品	检出限	标准值
1	pH	9.56	11.84	/	6.5-8.5
2	氟化物	0.51	0.64	0.03	1.0
3	氯化物	41.13	5.36	0.03	250
4	硫酸盐	40.24	71.32	0.10	250
5	硝酸盐	0.34	0.62	0.10	20

分别采用地下水和自来水作为拌合用水进行水泥强度对比试验,试验配比及检测结果见表13。

表 13 地下水对水泥强度的影响

序号	配比/g			养护方式	3d 抗折强度/MPa	3d 抗压强度/MPa
	自来水	地下水	水泥			
1	800	/	2000	自然养护	4.9	29.8
2	/	800	2000	自然养护	4.8	29.6

注:水泥(P·O42.5R,厂家)

(2) 对水泥凝结时间的影响

凝结时间对比试验,试验配比及检测结果见表 14。

分别采用地下水和自来水作为拌合用水进行水泥

表 14 地下水对水泥凝结时间的影响

序号	配比/g			养护方式	标准稠度用水量/%	初凝时间/min	终凝时间/min
	自来水	地下水	水泥				
1	135	/	500	自然养护	27	134	177
2	/	135	500	自然养护	27	124	166

2.3.2.2 地下水作为养护用水对水泥性能的影响

采用自来水作为拌合用水,拌制水泥净浆,带模养护 24 h 后,脱模分别在自来水和地下水中养护,3 d 后测试水泥净浆强度,配比及测试结果见表 15。

表 15 地下水对水泥强度的影响

序号	配比/g		养护方式	3d 抗折强度/MPa	3d 抗压强度/MPa
	自来水	水泥			
1	800	2000	自来养护	5.7	27.0
2	800	2000	地下水养护	6.0	28.0

试验结果表明:地下水作为拌合用水对水泥强度和凝结时间基本无影响,地下水作为养护用水对水泥强度也基本无影响,可以排除是由地下水造成的混凝土基桩

质量问题。

2.4 实验室模拟试验

通过施工单位提供的现场施工过程描述即存在不同深处地下水未能抽干、未严格参照标准要求下入导管、浇筑后部分混凝土进行了振捣等问题,首先根据现场混凝土浇筑方式制定了实验室混凝土模拟方案并进行了试验,具体试验方案见表 16,按配比拌制混凝土,然后将混凝土分别装入下部积水高度不同的 PVC 管中,进行模拟试验,混凝土成型时和 12 d 拆模时的凝结硬化现象分别如图 2 和图 3 所示,并对各编号试验结果进行阐述和归类(表 17)。

表 16 模拟实验

编号	搅拌方式	模拟管材	处理方式
1	通过混凝土搅拌机,将混凝土充分搅拌	材质:PVC管 L:1 m,d:110 mm	竖直倒入管中,并使用震实台进行振捣。
2			竖直倒入管中,预先设置高 10 cm 的模拟地层水,不振捣。
3			竖直倒入管中,预先设置高 10 cm 的模拟地层水,进行振捣。
4			竖直倒入管中,预先设置高 20 cm 的模拟地层水,不进行振捣。
5			竖直倒入管中,预先设置高 20 cm 的模拟地层水,进行振捣。



(a) 成型时混凝土表面 (b) 成型50min后混凝土表面

图 2 混凝土成型时混凝土凝结硬化现象



图 3 龄期 12 d 拆模时混凝土的凝结硬化现象

综上所述,施工过程中的积水深度对混凝土的凝结硬化影响较大,积水深度越大,混凝土下部无凝结、松散的现象越严重;在积水深度较小的情况下,插捣对混凝土的性能影响较小,积水深度大的情况下,插捣易造成混凝土的分层,出现浮浆。实验结果显示:模拟实验结果和现场取芯样品结果基本保持一致,均出现了不同程度的松散、强度偏低、上下部位具有明显差异等问题。从而进行合理推测,该工地产生基桩问题的主要原因是由于地下水未能严格抽干,未按标准严格下导管并进行振捣造成的。

3 结论

(1) 通过混凝土取芯力学实验结果显示,现场芯样强度达不到 C30 标号,并且出现了严重的力学问题。

(2) 通过混凝土集料化学分析显示,粉煤灰、砂、石满

表 17 积水深度对混凝土性能的影响

序号	积水深度/cm	成型方式	成型时现象	12 d 拆模现象
1	无水	振捣	成型正常,表面无水。	完整,强度高、密实性好,结构完整。
2	10	不振捣	成型时表面水冒出,几十分钟后,表面水变干、混凝土变稠。	无浮浆,强度低、多孔,桩底 10 cm 以下松散。
3	10	振捣	成型时振捣较难,有石子,表面少量渗水,几十分钟后,表面水变干、混凝土变稠。	无浮浆,强度低、多孔。
4	20	不振捣	成型时表面水冒出,几十分钟后表面仍有 1~2 cm 水。	3 cm 浮浆,40 cm 以上强度低,60 cm 以下松散、无凝结。
5	20	振捣	成型时表面水冒出,几十分钟后表面仍有 1~2 cm 水,振捣较易,上面石子较少,出现分层。	7 cm 浮浆,50 cm 以上强度低,50 cm 以下松散、无凝结。

足国家标准使用要求,石中硫含量及各项其他指标均满足要求,水泥的烧失量和 SO_3 含量略微超标,粉煤灰误用为水泥的可能性不存在。

(3) 地下水作为拌合用水对水泥强度和凝结时间基本无影响,地下水作为养护用水对水泥强度也基本无影响。

(4) 施工过程中的积水深度对混凝土的凝结硬化影响很大,地层积水的存在使得混凝土下部无凝结、松散的现象越严重;并且在积水深度较小的情况下插捣对混凝土的性能影响较小,但积水深度较大的情况下插捣易造成混凝土的分层,上部出现浮浆层,积水深度和插捣对混凝土质量影响显著。

通过合理的推测,该工地产生基桩问题的主要原因是由于地下水未能严格抽干,以及未按标准严格下导管并进行了振捣造成的。

参考文献:

[1] 陈迎明.提高水下混凝土灌注桩强度的试验研究与

应用[D].长沙:中南大学,2003.

[2] 谷有法.建筑基桩检测技术要点及事故处理[J].住宅与房地产,2016(18):50-54.

[3] 肖保怀,付焯,刘锐锋.某工程基桩质量缺陷成因分析[J].重庆建筑,2016,15(2):49-51.

[4] 胡志国.桥梁桩基水下混凝土浇筑常见事故处理[J].水利水电施工,2010(3):57-58.

[5] 马书杰,文拾命,张建树,等.某桥梁工程事故桩检测分析与处理[J].矿产勘查,2009,12(8):56-59.

[6] 田稳军.水下混凝土浇筑常见事故分析及预防处理措施[J].内蒙古水利,2010(4):161-162.

[7] 欧曙光.某工程建筑基桩质量事故的分析与处理[J].广东建材,2005(2):36-37.

[8] 袁鸿飞.浅析某工程基桩质量事故原因分析及处理办法[J].建材与装饰,2008(4):113-114.

[9] JG J106-2003,建筑基桩检测技术规范[S].

[10] GB175-2007,通用硅酸盐水泥[S].

Analysis of Constructional Foundation Pile Engineering Accident

YANG Yuanyi^{1,2}, GAO Yan¹

(1. Sichuan College of Architectural Technology, Deyang 618000, China;

2. College of Materials and Chemistry & Chemical Engineering, Chendu University of Technology, Chengdu 610059, China)

Abstract: A constructional foundation pile engineering accident in Sichuan province was analyzed in study which was focused on the core sample of the concrete pile and the constituent materials of concrete. The data was analyzed and settled in this script. The compressive strength, coarse and fine aggregate, underground water and cement were tested and analyzed. A simulation experiment was also designed and carried out to elaborate the accident. The result showed that the compressive strength of concrete was low and the material of concrete was under request. The reason of the accident was the underground water could not be swab-off without conduit pipe. The cause of the engineering accident was researched and elaborated which was an important reference and guidance to avoid engineering problem of concrete pile.

Key words: foundation pile; core sample; concrete; accident analysis