

文章编号: 0451-0712(2006)06-0221-03

中图分类号: U443.25

文献标识码: B

大体积海工混凝土配合比的研究与应用

蒋军辉, 李书惠, 林海, 高超

(广东省长大公路工程有限公司 广州市 511430)

摘 要: 在杭州湾跨海大桥工程中大体积海工混凝土的配合比, 已经按常规选用了高水化热的水泥, 如何将配合比设计为低水化热的配合比, 尽可能地减少或不出现温度裂缝和收缩裂缝, 同时使混凝土的强度、抗氯离子的渗透等性能满足设计要求, 对该问题进行了探讨与研究。

关键词: 杭州湾跨海大桥; 大体积混凝土; 配合比

1 工程概况

杭州湾跨海大桥北航道桥主墩承台为六边形圆倒角整体式承台, 几何尺寸为 $48.5\text{ m} \times 23.7\text{ m} \times 6\text{ m}$, 一个主墩承台共需 C30 混凝土 $6\,258.2\text{ m}^3$ 。引桥承台为六边形倒圆角分离式, 尺寸为 $10.25\text{ m} \times 13.0\text{ m} \times 3.0\text{ m}$, 一个引桥承台共需 C30 混凝土 342.1 m^3 。主桥承台和引桥承台都属大体积混凝土。

2 材料和试验方法

2.1 原材料品种规格与来源

(1) 砂: 产地在福建闽江砂场, 中砂, 细度模数为 2.63, 含泥量 0.8%, 表观密度为 2.64 g/cm^3 。

(2) 碎石: 产地在宁波北仑, $5 \sim 25\text{ mm}$ 连续级配, 压碎值 5.3%, 含泥量 0.4%, 针片状颗粒含量 4.8%, 表观密度 2.63 g/cm^3 。

(3) 水泥: 水泥强度等级为 32.5(R), 安徽海螺牌, 3 d 抗压强度 32.0 MPa, 28 d 抗压强度 52.8 MPa。

(4) 矿粉: 上海宝田 S95 级, 比表面积 $442\text{ m}^2/\text{kg}$, 3 d 活性指数 81%, 28 d 活性指数 116%, 需水量比 100%。

(5) 粉煤灰: 江苏常熟电厂 I 级风选灰, 细度 9.1%, 需水量比 91%, 烧失量 3.5%, 含水量 0.2%, 三氧化硫含量 0.68%; 江苏谏壁电厂 I 级风选灰, 细度 5.6%, 需水量比 96%, 烧失量 3.1%, 含水量 0.2%, 三氧化硫含量 0.60%。

(6) 外加剂: 上海华登 HP4000A 型缓凝高效减

水剂, 减水率 27.5%, 3 d 抗压强度比 168%, 28 d 抗压强度比 145%。

(7) 阻锈剂(亚硝酸钙): 山西凯翁克, 阳极化试验 22 mV, 盐水浸烘试验 49%, 抗压强度比 101%, 初凝时间减少 45 min, 终凝时间减少 43 min。

(8) 拌和用水: 自来水。

2.2 试验方法

(1) 使用的主要仪器设备: STWJ-60 卧式搅拌机、 1 m^2 振动台、STYE-2000 型压力试验机、STLZ-2 型氯离子渗透仪、平板式抗裂测试仪等。

(2) 养护方法: 标准养护。

(3) 施工工艺要求: 泵送、初凝时间大于 15 h, 坍落度 $14 \sim 18\text{ cm}$, 坍落度 1 h 保持值 12 cm 以上, 含气量 4%~6%, 抗裂性能良好。

3 配合比设计方案

大体积混凝土除混凝土各项性能要满足设计和施工要求外, 首先考虑减少混凝土产生裂缝的因素。大体积混凝土产生的早期裂缝一般不是直接受力作用的结果, 主要可以归结为温度变形和收缩变形等的间接作用。因此, 在设计配合比时要考虑充分降低水化热和由材料性质引起的混凝土收缩。因此, 必须对每种原材料的特点、性能、优点、缺点及对混凝土性能的影响进行分析。

3.1 水泥

水泥的品种是硅酸盐水泥(杭州湾跨海大桥专用施工技术规范规定的品种), 其特点是水化热高,

强度高,与其他材料的胶结能力强。水化热高是产生温度变形引起裂缝的主要原因。因此,降低水泥用量,是降低水化热的关键。

3.2 粉煤灰

粉煤灰可使混凝土强度增长慢、缓凝,使混凝土有抗氯离子渗透、抗碱—集料反应、抗硫酸盐浸蚀、易泵送等优点。有研究结果显示,粉煤灰掺量在10%~50%时,3 d 的水化温升降低13.9%~52.1%,3 d 水化热降低5.9%~35.1%,早期水化热显著减小。

3.3 矿粉

矿粉可使混凝土强度增长快,有自硬性,能等量取代水泥,使混凝土具有抗氯离子渗透、抗碱—集料反应、抗硫酸盐浸蚀的优点,但收缩较普通混凝土大,拌和料在相同坍落度条件下粘度大,工作性、可泵性不如粉煤灰。

3.4 砂

砂的级配好,含泥量少,对混凝土可泵性有利,但含水量变化大。

3.5 碎石

碎石级配良好、含泥量少,对混凝土可泵性有利,碱—集料反应处于可疑值。

3.6 外加剂

减水率高、性能稳定、对用水量敏感。

3.7 阻锈剂

阻锈剂可阻止钢筋锈蚀,但对混凝土的流动性不利,使混凝土的初凝、终凝时间提前。

3.8 拌和水

拌和用水对混凝土收缩、流动性、泌水、强度、初凝、终凝时间都有影响。

了解了混凝土早期裂缝产生原因和对各种原材料性能的分析,再参考海工桩基配合比的试验数据,大体积海工混凝土配合比的设计和试配就有了基础。

4 试配结果

从以上分析可以得出试配原则,配合比的水泥用量要比较低、用矿粉取代部分水泥,加入较多的粉煤灰,采用低的水胶比,在此设计原则下进行了小量的试配,用混凝土的工作性、凝结时间、满足施工工艺要求的配合比进行进一步的试验,部分试验结果见表1、表2。

表1 C30 承台试配混凝土工作性能的试验结果

编号	配合比/kg 水泥:矿粉:粉煤灰:砂: 碎石:水:外加剂:阻锈剂	坍落度 cm	扩展度 cm	含气量 %	容重 kg/m ³	初凝时间 h:min	1 h 坍落度保持值 cm
1	230:0:190:810: 990:140:5.8:0	20	54	4.8	2 350	18:30	19.0
2	230:0:190:810: 990:140:5.8:8.4	20	46	5.6	2 330	17:40	18.0
3	207:36:207*:734: 1 056:140:4.8:0	20	57	4.0	2 380	16:15	19.0
4	207:36:207*:734: 1 056:140:4.8:9.0	20	50	5.6	2 350	15:20	17.5
5	150:93:207*:752: 1 038:139:4.4:0	19.0	57	6.0	2 330	17:40	17.0
6	150:93:207*:769: 1 019:141:5.0:9.0	19.0	51	5.5	2 340	15:08	16.0
7	150:93:207:779: 991:140:5.0:0	20.0	57	4.0	2 360	17:30	19.0
8	150:93:207:779: 991:140:5.0:9.0	20.0	51	4.2	2 350	16:45	18.0
9	150:80:190:810: 990:140:4.6:0	20.0	58	4.0	2 350	20:00	18.0
10	150:80:190:810: 990:140:4.6:8.4	20.0	53	4.5	2 340	18:10	18.0
11	115:110:185:763: 1 055:132:5.0:0	19.0	42	4.5	2 350	16:20	17.0

注:有*的数值为谏壁电厂粉煤灰。

表 2 C30 承台试配混凝土强度及耐久性试验结果

编号	强度/MPa		氯离子扩散系数 $1 \times 10^{-12} \text{ m}^2/\text{s}$		单位面积的总开裂面积 mm^2/m^2
	7 d	28 d	28 d	84 d	
1	36.1	53.3	6.83	2.15	0
2	36.1	54.8	6.66	2.09	0
3	39.5	45.2	3.42	1.65	0
4	41.1	46.7	3.56	1.82	0
5	32.8	48.9	3.52	1.38	0
6	37.3	49.8	1.77	0.593	0
7	37.6	54.8	3.24	1.55	0
8	37.6	56.7	2.50	1.28	0
9	31.4	52.3	4.33	1.33	0
10	34.6	53.8	3.84	1.62	0
11	35.6	56.3	2.08	0.795	0

从试验结果来看,胶凝材料总量在 420 kg 以上时,强度、工作性、凝结时间等指标都能达到设计和施工工艺要求,但总胶凝材料为 420 kg,只掺粉煤灰未掺矿粉的配合比(1 号、2 号配合比),由于粉煤灰的细度没有矿粉细,氯离子扩散系数达不到设计试配要求(氯离子扩散系数小于 $2.0 \times 10^{-12} \text{ m}^2/\text{s}$),因此,此种方案是不能用的。

硅酸盐水泥水化热比普通水泥高 20%~30%,通过降低水泥用量,加大掺合料用量,3~11 号配合比的水泥用量只是普通混凝土水泥用量的 70%~50%,硅酸盐水泥在混凝土中产生的水化热相当于普通混凝土的 90%~70%,混凝土的水化热也就降下来了,试验结果与预期效果相同。低水泥用量、高掺合料的设计试配中的抗裂试验效果很好,均未出现表面裂纹。其余的试配结果各项指标均满足要求,可以用作施工配合比。

表 3 已完成引桥承台混凝土强度及氯离子渗透扩散系数统计

组数	28 d 平均强度/MPa	最大值/MPa	最小值/MPa	标准偏差/MPa	氯离子扩散系数/ $(1 \times 10^{-12} \text{ m}^2/\text{s})$
24	52.0	56.4	48.1	2.61	1.00

在夏季气温较高的情况下,10 号配合比配制的混凝土水化热引起的升温最高达到 66.7℃,低于 70℃,符合规范要求,氯离子扩散系数也小于 $2.5 \times 10^{-12} \text{ m}^2/\text{s}$,平均强度高达 52.0 MPa,为主墩承台的施工提供了良好的试验结果。

5.2 主墩承台

2005 年 12 月,进行 B10 主墩承台的施工,承台混凝土设计强度为 C30 不掺阻锈剂的海工混凝土,

5 应用

5.1 引桥承台

2005 年 6 月起,引桥承台开始施工,引桥承台混凝土设计强度为 C30 掺阻锈剂的海工混凝土,从配合比的水化热、胶凝材料的粘结力、强度、经济性等综合因素考虑,选用了 10 号配合比用于引桥承台施工。施工过程中,混凝土的状态良好,不离析、不泌水,施工过程顺利。对已浇注的混凝土及时养护,并对混凝土内部采用通循环冷却水,对混凝土降温。目前已完成的承台,没有出现温度裂缝和收缩裂缝。施工中对第一座引桥承台进行了温度监控测试,2 个升温较高的监控点的升温与时间的关系曲线见图 1、图 2 所示。已完成的引桥承台的混凝土及氯离子渗透扩散系数的统计结果见表 3。

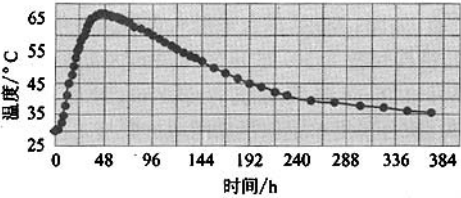


图 1 B1 右承台中上层混凝土升温与时间关系曲线

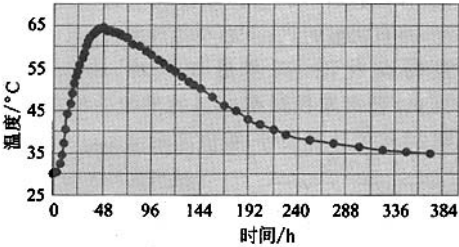


图 2 B1 右承台中层混凝土升温与时间关系曲线

选用了 9 号配合比。混凝土方量为 6 200 多 m^3 ,分 2 次浇筑,首次浇筑混凝土 1 500 多 m^3 ,2 次浇筑混凝土的施工过程顺利,混凝土工作性能好,初凝时间也满足施工要求。浇筑混凝土完成后及时对混凝土表层进行养护和保温。混凝土内部及时通水降温,冬季水温较低,降温效果明显,而且入模混凝土温度较低,观测的混凝土内部最高温度仅为 59.9℃,主墩承台虽比引桥承台体积大了近 20 倍,但比夏季的最高

文章编号: 0451-0712(2006)06-0224-03

中图分类号: U445.543

文献标识码: B

杭州湾跨海大桥高墩深水承台单壁钢吊箱的设计

李彦军, 罗园辉, 程允武

(广东省长大公路工程有限公司 广州市 511431)

摘 要: 介绍杭州湾跨海大桥北航道桥北侧高墩区深水承台单壁钢吊箱围堰的结构设计。

关键词: 杭州湾跨海大桥; 深水承台; 单壁钢吊箱; 围堰; 设计

1 工程概况

杭州湾跨海大桥北航道桥北侧高墩区 B1~B7 墩位于深水区, 海床面平均标高 -12.0 m, 平均水深 15 m。如图 1 所示, 承台采用六边形倒圆角分离式结构, 结构尺寸为 10.25 m × 13.0 m × 3.0 m, 顶面标高 +2.0 m, 底面标高 -1.0 m, 封底厚度为 0.8 m。承台采用单壁钢吊箱围堰方案施工。

2 水文情况

2.1 潮位

杭州湾属强潮河口湾, 潮汐类型为不规则半日浅海潮, 并有明显的日、夜潮不等现象。

根据设计图, 高潮累积频率 10% 的潮位 +3.54 m, 低潮累积频率 90% 的潮位 -2.75 m, 按重现期 20 年的计算条件, 极值高潮位 +5.3 m。

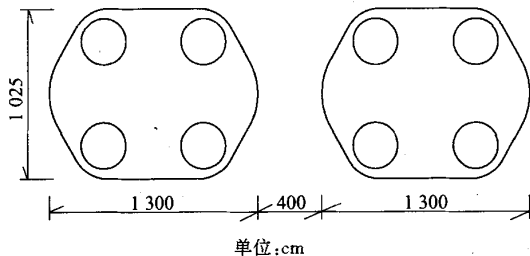


图 1 承台平面布置

2.2 潮流

杭州湾内潮流基本垂直桥轴线方向流动, 为往复流, 按 20 年重现期, 2002 垂线号可能最大流速为 2.81 m/s。

2.3 波浪

全年波高平均 0.2 m。台风所致的最大波高为 3.5 m。平均波高 ≤ 0.5 m 的波浪出现最多。全年

收稿日期: 2006-03-10

温度低了 6.8℃。到目前为止, 承台表层没有裂缝, 由于侧面是永久性模板, 无法观察侧面状况。混凝土强度也超过设计强度, 统计结果见表 4。

表 4 主墩承台混凝土强度统计 MPa

组数	28 d 平均强度	最大值	最小值	标准偏差
84	49.9	52.8	46.4	1.73

用 9 号配合比拌制的混凝土, 混凝土的平均强度也达到 49.9 MPa, 强度也远远超过设计强度。9 号配合比的应用是成功的。

6 结语

大体积海工混凝土配合比的设计与应用, 在采

用高水化热水泥的条件下, 将水泥用量降到较低水平。通过调整配合比中的胶凝材料的比例, 选择高减水率的外加剂, 控制适当的砂率, 采用级配良好的碎石, 是完全可以配制出经济实用、工作性好、抗裂性优良的混凝土, 实现混凝土耐久性。

参考文献:

- [1] 钱晓倩. 混凝土非荷载裂缝控制[R]. 全国第五届建筑材料学科研讨会报告. 2005.
- [2] 赵碧华. 大体积粉煤灰混凝土早期裂缝的施工控制[A]. 全国高强与高性能混凝土及其运用专题研讨会论文集[C]. 2005.