

文章编号:0451-0712(2007)01-0218-03

中图分类号:U445.559

文献标识码:B

东沙大桥大体积混凝土配合比优化设计及施工

谢伟英, 黄顺祥, 丘庆发

(广东省长大公路工程有限公司一分公司 番禺市 511431)

摘 要: 对东沙大桥主塔承台大体积混凝土配合比及施工工艺进行了研究, 为防止大体积混凝土因水化热产生开裂提供技术平台。研究结果表明: 采用低水泥用量、大掺量矿物掺合料和高效缓凝减水剂的“三掺”混凝土配制技术, 运用密实骨架堆积理论对混凝土配合比进行优化设计, 同时通过预埋冷却水管降温措施及严格的施工管理, 不仅有效地防止混凝土由温度应力而出现的裂缝, 而且大幅地降低了工程造价。

关键词: 东沙大桥; 承台; 大体积混凝土; 配合比; 施工

1 东沙大桥概况

广州市东新高速公路东沙大桥系单塔斜拉桥, 主桥主跨为 338 m 的混合梁斜拉桥, 空间索面, 全长 518 m。大桥主塔 42 号墩基础采用 20 根直径为 2.5 m 的钻孔灌注桩, 承台厚 6 m, 承台平面尺寸为 28 m × 19 m 的整体式矩形, 混凝土标号为 C30, 分两层浇筑, 总方量为 3 192 m³, 属典型的大体积混凝土施工。

大体积混凝土施工时遇到的普遍问题是温度裂缝。由于混凝土中水泥水化热的作用, 混凝土浇筑后将经历升温期、降温期和稳定期 3 个阶段, 在这个过程中混凝土的体积在温度变化影响下亦随之伸缩, 若各块混凝土体积变化受到约束就会产生温度应力, 如果该应力超过混凝土的抗裂能力将导致混凝土开裂。本工程承台施工特点是: (1) 承台属重要的大体积混凝土结构, 混凝土用量特别大, 总用方量为 1 600 m³/层; (2) 承台混凝土超厚, 采用一次性浇筑, 混凝土内部温度不易散发; (3) 由于施工时环境温度昼夜温差大, 造成混凝土内表温差也大。

在这些综合因素作用下, 混凝土内部存在产生裂缝的危险, 必须采取专门措施防止因为混凝土水化热温升而出现的温度裂缝, 以满足设计要求, 保证大桥的长期安全使用。为此, 本文主要从混凝土配合比设计, 及混凝土在硬化过程中的温度控制来防止混凝土裂缝的产生。

2 混凝土配合比的优化设计

对于大体积混凝土, 针对温度应力开裂问题的技术措施主要有: 掺用活性混合材料, 降低水泥用量, 从而降低水化放热; 采取温控措施, 降低大体积混凝土的内部温升, 减小内表温差, 从而降低温度应力; 适当掺用膨胀剂, 利用水化时产生的体积膨胀补偿由温度应力引起的收缩, 从而降低混凝土开裂的可能性。由于水泥用量直接影响混凝土的水化热, 也直接影响混凝土温升速度, 故优化混凝土配合比设计就非常重要; 同时混凝土对和易性、坍落度和凝结时间有较高要求, 这就必需选择合适的水泥品种和强度等级以及掺加混凝土的活性材料(矿物外加剂和化学外加剂)。由于工程水泥为甲方指定, 所以通过对矿物外加剂和化学外加剂进行选择, 利用大掺量粉煤灰和矿粉配制出适合工程要求的高性能混凝土。

2.1 原材料

水泥: 42.5(R) 水泥;

粉煤灰: II 级灰, 需水量比为 102%;

矿粉: 比表面积为 500 m²/kg;

砂: 中砂, 细度模数为 2.7~2.9, 表观密度为 2 620 kg/m³, 堆积密度为 1 600 kg/m³, Cl⁻ 量为 0.01%, 含泥量 < 2.0%;

碎石: 5~31.5 mm 间断型密级配石灰岩碎石,

表观密度为 2 730 kg/m³,堆积密度为 1 460 kg/m³,含泥量<0.4%,针片状含量为8%,压碎指标为9%;

减水剂:FDN—440,减水率为 18%;

拌和水:采用洁净的自来水。

水泥、粉煤灰及矿粉的化学成分见表 1。

表 1 各原材料化学组成 %

材料	化学成分						
	SiO ₂	CaO	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	MgO	SO ₃	烧失量
水泥	21.47	59.64	4.04	5.8	3.24	2.08	2.44
粉煤灰	45.38	3.16	5.29	33.53	2.81	0.43	3.87
矿粉	34.76	35.86	1.20	15.39	9.07	3.84	/

2.2 配合比设计

集料是混凝土的骨架,是保证混凝土强度的主要材料。通过对集料进行级配设计后,选取间断级配

粗集料,其中16~31.5 mm 粗颗粒集料占88%,5~10 mm 的集料占 10%。间断型密级配,由于矿料集中在级配范围的两端,缺少中间颗粒,所以一端的粗颗粒相互支撑嵌挤形成骨架,另一端较细的颗粒填充于骨架留下的空隙中间,使整个混凝土结构呈现密实状态。砂、石形成初步密实骨架之后,矿粉、粉煤灰进一步填充入骨架中,形成更致密的混凝土骨架,最后只需少量水泥就可形成高强度混凝土。根据密实骨架堆积原理设计了 21 种混凝土配合比,经大量试验,成功配制出了 C30 大体积混凝土,设计结果见表 2。试验证明,配制的混凝土具有良好的和易性和粘聚性、不离析、不泌水,工作性能良好。从表2 数据可以看出,1 号配比混凝土采用大掺量矿物掺合料,不仅能满足混凝土的强度标号,而且具有良好的可泵性,完全能满足施工要求。

表 2 编号 1 的 C30 承台大体积混凝土配合比

各组分用量/(kg/m ³)							初凝时间/h	坍落度/cm		抗压强度/MPa	
水	水泥	粉煤灰	矿粉	砂	石	减水剂		0 h	1 h	7 d	28 d
165	160	140	140	738	1 107	8.4	20	22.0	19.0	24.7	37.7

注:减水剂引入的水量已包含在用水量中。

2.3 大体积混凝土的工作性能

混凝土拌和物性能试验参照《普通混凝土拌和

物性能试验方法标准》(GB/T50080—2002)进行,表 3 是新拌混凝土的试验结果。

表 3 混凝土拌和物的和易性

初凝时间	含气量	10 s 泌水量/ml	压力泌水总量 V ₁₄₀ /ml	10 s 相对压力 泌水量 S ₁₀ /%	坍落度/cm	
					0 h	1 h
20 h 05 min	0.6	6	20	30	21.5	19

2.4 承台大体积混凝土物理力学性能

混凝土力学性能试验参照《普通混凝土力学性能试验方法标准》(GB/T50081—2002)进行,试验结果见表 4。

表 4 混凝土物理力学性能

抗压强度 MPa		静弹模 GPa	劈裂抗拉强度/MPa				抗剪强度 MPa
7 d	28 d	28 d	3 d	7 d	14 d	28 d	28 d
24.7	37.7	38.8	1.36	2.01	3.20	3.79	5.6

3 大体积混凝土的施工工艺

3.1 混凝土质量控制

为了确保大体积混凝土的施工质量,提高混凝土的抗裂性,应对混凝土各施工环节如混凝土的拌和、运输、布料、浇筑、振捣到养护、保(降)温整个过

程进行有效监控,特别是在混凝土浇筑前、中、后的温度、应力观测尤为重要。如砂石料、粉煤灰、拌和水入机温度,水泥在稳定期后的贮存温度,混凝土拌和物的出机温度、入模温度,冷却水管进口、出口的水温,每层混凝土凝结期间内部与外表面的温度应力变化,以及环境气温等。

3.2 合理分层分块浇筑

大体积混凝土方量大,施工时间长,经过对承台整体应力分布计算及施工全过程的分析表明:全断面逐层依次浇筑显然无法保证混凝土的施工质量。必须进行合理的分层、分块浇筑、适当布设散热管,来满足混凝土温度控制、层间间隔期、施工组织的要求。东沙大桥42 号墩基础承台分2 层浇筑,每层厚度为 3 m,每层浇筑时间约 1~2 d,2 层浇筑时间间隔约 5~7 d。每层混凝土埋设 2 层冷却水管,采用管径

为 42.25 mm 的薄壁钢管,钢管水平间距为 1 m;分别位于距底面 1 m 和 2 m 处;混凝土浇筑到冷却水管标高后即开始通水,根据混凝土升温和环境气候变化,及时调整冷却水流量、流速及进口水温和出口水温等。

3.3 保温及养护

各层混凝土浇筑完后,立即用湿麻袋覆盖混凝土表面进行养护,一方面避免塑性收缩裂缝的出现,另一方面起到保温作用。上层混凝土顶面待混凝土初凝后进行洒水养护,确保混凝土不出现后期的干燥裂缝。浇筑前对各层间水平接缝施工缝进行处理,并铺设一层钢筋网。

当混凝土内表温差超过温控标准或寒潮来临时,混凝土各面应进行表面保温覆盖,建议采用如下做法:在混凝土表面覆盖 2 层麻袋,上面再包 1 层彩条布,并适当推迟混凝土的拆模时间,拆模后涂刷养护液并及时保温覆盖,以满足内表温差要求,且拆模时间应选择一天中温度较高的时刻。

3.4 完善温度动态控制系统

为做到信息化温控施工,出现异常情况及时调整温控措施,在混凝土内部布设温度测点,它是温控工作的重要一环。选用 PN 结温度传感器,温度检测仪采用 PN-4C 型数字多路自动巡回检测控制仪。温度传感器主要技术性能:测温范围 $-50^{\circ}\text{C} \sim +150^{\circ}\text{C}$;工作误差 $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$;分辨率 0.1°C ;平均灵敏度 $-2.1 \text{ mV}/^{\circ}\text{C}$ 。混凝土的温度测试,峰值以前每 2 h 观测一次,峰值出现后,每 4 h 观测一次,持续 5 d,转入每天测 2 次,直至基本稳定。每次检测完后及时填写混凝土测温记录表,完善温度动态控制系统。

4 承台抗裂效果分析

根据现场温度实测情况,工程中采用 1 号混凝土配合比,混凝土浇筑第 3 天内达到最高温度 57.1°C 。根据有限元程序《大体积混凝土施工期温度场及温

度应力场计算程序包》进行温控计算,及承台内部不同龄期的最大温度主应力计算,计算结果见表 5。

表 5 大体积混凝土温度应力计算结果

龄期/d	3	7	14	28	90
第 1 层最大温度主应力/MPa	0.87	1.21	1.73	2.23	1.84
第 2 层最大温度主应力/MPa	0.72	1.27	1.61	2.19	1.85

粉煤灰和矿渣掺到水泥中,在一定掺量范围内均可降低胶凝材料的最高温升和 3 d 水化热,延迟最高温升时间,相对应最大温度主应力也随之降低,出现时间也推迟。根据表 5 的计算结果和表 4 的混凝土劈裂抗拉强度测试结果可知,承台大体积混凝土在施工期内有较大的抗裂安全系数,在采取有效的温控措施并合理施工后,可以防止承台混凝土产生有害的温度裂缝。

5 结语

东沙大桥 42 号主塔承台大体积混凝土,采用密实骨架堆积理论和超掺量矿物掺合料,取代水泥的混凝土配合比的设计方法,及合理布置冷却水管的施工工艺,保证了混凝土的力学性能,同时使得在广州的夏季条件下,混凝土的最高温升仅为 57°C 。经过 40 多 d 的观测,承台没有出现微裂纹,表明通过混凝土配合比的优化设计及严格的施工管理,可以控制大体积混凝土的开裂。

参考文献:

- [1] 王铁梦. 工程结构裂缝控制[M]. 北京:中国建筑工业出版社,1997.
- [2] 任铮钺,王立久,尹少鹏. 高掺量粉煤灰混凝土水化热及其抗裂分析[J]. 混凝土,2002,(5).
- [3] 黄兆龙,湛渊源. 粉煤灰混凝土掺配比技术[J]. 粉煤灰综合利用,2002,(5).