

文章编号: 0451—0712(2006)08—0104—03

中图分类号: U433.26

文献标识码: B

湛江海湾大桥高性能混凝土介绍

兰 青, 韦桂深

(广东省长大公路工程有限公司一分公司 广州市 511431)

摘 要: 本文介绍湛江海湾大桥主墩承台大体积高性能混凝土配合比的设计。

关键词: 高性能混凝土; 配合比; 设计; 施工设备

1 湛江海湾大桥概况

湛江海湾大桥位于广东省粤西雷州半岛的东北侧湛江市内平乐渡口以北 1.3 km 处, 横跨麻斜海湾, 是湛江市的标志性建筑。桥梁全长约 4 km, 跨海正桥桥跨布置为 $9 \times 50 \text{ m} + 9 \times 50 \text{ m} + (60 + 120 + 480 + 120 + 60) \text{ m} + 8 \times 50 \text{ m} + 8 \times 50 \text{ m} = 2\,540 \text{ m}$, 是四车道双幅宽为 25.5 m 的高速公路大桥; 主桥为跨径 480 m 的双塔双索面混合梁斜拉桥, 桥高 50 余 m, 塔高 155 余 m; 全桥均为直线桥。湛江海湾大桥属特大型桥梁, 具有桥梁长、桥面宽、塔柱高、桥型新、跨径大、施工周期长、气象条件变化多端和施工工艺复杂等特点。

湛江海湾大桥主塔墩基础采用 31 根直径为 2.5 m 的钻孔摩擦桩基础, 承台厚 6.5 m, 承台顶高程 +4.5 cm, 承台平面为尖端型, 端部倒圆。承台混凝土的设计强度为 30 MPa, 承台混凝土的总方量为 $8\,047 \text{ m}^3$, 属于大体积的高性能混凝土。承台采用套箱施工, 分 3 次浇筑, 第 1 次浇筑 1.5 m 约 $1\,600 \text{ m}^3$, 第 2 次浇筑 3 m 约 $3\,880 \text{ m}^3$, 第 3 次浇筑 2 m 约 $2\,560 \text{ m}^3$ 。混凝土是通过在岸边搭建的固定式搅拌站供应, 西岸主墩离岸边约 1 km, 由于距离长不便于直接将混凝土在岸边泵送, 我们采用搭设便桥的施工方法, 通过运输搅拌车将混凝土运输至主墩平台, 用泵送的施工方法。由于浇筑方量大, 为防止水泥在水化过程中的水化热过高而产生裂缝, 在承台布置了冷却水管以降低混凝土的温度, 在混凝土的生产过程中严格控制混凝土的温度, 在拌和水中加入冰块以降低水温(水温控制在 4°C 以下), 骨料洒水降温, 从而控制混凝土的温度, 保证混凝土出料时温

度低于 24°C 。承台处于海溅区, 根据设计及规范要求, 混凝土的抗氯离子渗透性必须小于 1 000 库仑。

湛江海湾大桥西岸主墩承台混凝土的施工特点是一次性浇筑的混凝土方量大, 混凝土的抗氯离子渗透性指标必须达到要求。因此要求混凝土具有良好的抗氯离子渗透性。为满足上述要求, 除选择优质水泥外, 严格控制骨料的质量指标, 采用掺超量优质粉煤灰取代水泥和缓凝高效减水剂。经反复试验, 在满足设计强度、耐久性、抗氯离子渗透性以及尽可能经济的条件下, 配制 C30 的高性能混凝土, 满足湛江海湾大桥的施工要求。

2 原材料及混凝土配合比

2.1 原材料

(1) 水泥。

配制高性能混凝土的水泥, 一般应为品质稳定的硅酸盐水泥或普通硅酸盐水泥, 其强度宜采用 42.5(R) 级而不能低于 32.5(R)。硅酸盐水泥和普通硅酸盐水泥与掺合料一起使用, 对于恶劣环境下的混凝土应采用大掺量掺合料一起配制, 能改善混凝土体积稳定性和抗裂性能。我们选用了广西鱼峰 P II 42.5(R) 水泥。

(2) 粉煤灰。

配制高性能混凝土所用的粉煤灰必须来自燃煤工艺先进的电厂, 粉煤灰的烧失量应尽可能地低, 并且不宜大于 4%, 三氧化硫含量 $\leq 3\%$, 需水量不宜大于 105%。混凝土中掺入优质的粉煤灰能明显地改善混凝土的性能, 特别是改善混凝土抗氯离子的渗透性能, 显著提高混凝土的护筋性能。我们选用茂名电

厂的Ⅱ级优质粉煤灰。

- (3)粗骨料。
- 粗骨料必须是质地坚硬、级配良好、针片状少、压碎值指标不大于16%的碎石。因此,选湛江龙山第三石场的花岗岩碎石,5~25 mm 连续级配,压碎值为7.5%。
- (4)细骨料。
- 细骨料要求级配良好、细度模数在2.6~3.2的中粗砂;选用廉江河砂。
- (5)减水剂。
- 选用江门WH—Ⅲ—A减水剂,坍落度损失小、减水率大于25%。
- (6)水。
- 洁净井水。

2.2 配合比设计

主墩承台混凝土配合比是根据混凝土的设计强度及抗氯离子渗透性的要求进行设计的,混凝土的设计强度为C30的高性能混凝土,抗氯离子渗透性小于1 000库仑。

根据上述要求,我们采用了超量粉煤灰掺量代替水泥,超量取代的混凝土只是早期强度略低,而后期强度将超出相应的不掺粉煤灰的混凝土,且能明显改善混凝土的抗氯离子渗透性能。为此,我们做了一系列的试验比较,并将配合比试件全部选送广州四航工程技术研究院做90 d龄期抗氯离子渗透性试验,得出试验结果见表1。通过比较选用第2组配比。

表 1 配合比及强度、抗氯离子渗透性试验结果

编号	水泥用量/kg	煤灰用量/kg	砂/kg	石/kg	减水剂/kg	水/kg	砂率/%	坍落度/mm	强度/MPa			抗氯离子渗透性/C
									7 d	28 d	90 d	
1	300	160	716	1 074	4.14	150	40	190	27.0	39.0	48.0	920
2	320	140	711	1 066	3.91	155	40	180	39.3	46.7	60.5	782
3	340	120	712	1 068	4.14	160	40	170	37.5	42.0	49.5	1 005
4	360	100	710	1 065	3.91	165	40	180	35.5	48.0	55.0	980
5	380	80	712	1 068	3.91	160	40	180	36.5	47.5	57.0	950

从试验结果可以看出2号配合比为最佳配合比,并能满足高性能混凝土技术标准和满足《海港工程混凝土结构防腐技术规范》要求。

我们在试配上述配合比前没有设计高性能混凝土的经验,以往我们建设公路桥梁工程中都是使用普通混凝土。按照公路桥涵施工技术规范,普通混凝土掺粉煤灰不宜大于水泥用量的25%。起初在湛江海湾大桥项目部试配高性能混凝土配合比,龄期到90 d后试件送广州四航研究院做抗氯离子渗透性试验,结果都在1 000库仑以上,不符合海港工程防腐规范的规定。经过不断地试验,得出最优化配比,总结出粉煤灰应用在高性能混凝土的主要优点如下。

(1)粉煤灰超量取代水泥,可降低水泥用量,减少水化热和热能膨胀性。混凝土中水泥水化反应要放出热量,在大体积混凝土中会出现中心与边缘温度差而产生应力,导致裂缝。由于粉煤灰的掺加有利于减少混凝土内部由于水化热而产生的升温,减少了混凝土热膨胀出现裂缝的危险。

(2)提高混凝土抗渗能力。由于高性能混凝土采用低水胶比,并且粉煤灰和水泥水化过程中析出的

氢氧化钙生成水化酸钙和水化铝酸钙凝胶,使混凝土中毛细孔的数量减少,气孔孔径变小,增加了对液体和气体的渗透性和扩散作用的抵抗力。

(3)增加混凝土的可泵性。增加粉煤灰在改善混凝土的和易性并提高了易泵性的同时,还由于泌水性和离析现象的改善,以及粉煤灰本身的球形玻璃体效应,可以得到更好的减水效果。

(4)活性效应。在常温下由于粉煤灰的水化反应比水泥慢,被粉煤灰取代的那部分水泥早期强度得不到补偿,所以早期强度随着粉煤灰的掺量增加而降低。但随着时间推移粉煤灰中的活性部分与水泥发生反应,生成大量的水化硅酸凝胶,水化物会像树根一样深入颗粒空隙中,填充空隙,改善了混凝土内在的界面区,促进了混凝土后期强度的增长。

(5)微集料密实填充及颗粒形态效应。均匀分布在混凝土中的粉煤灰颗粒不会大量吸水,不但起到滚珠作用而且能与水泥粒子组成合理的微粒级配,减少填充水数量,影响混凝土的堆积状态,提高混凝土的堆积密度,具有减水作用,使新拌混凝土工作性优良,硬化后的混凝土结构更加均匀密实。不会发生泌水离析现象,使施工性、可泵性和抗渗性效果更好。

(6)交互作用。水泥、粉煤灰、高效减水剂等会产生物理化学的交互作用。水泥的水化是粉煤灰的活性激发剂,而被激发的粉煤灰受到水解又会进一步促发未水化的水泥水化,使混凝土有优良的后期强度,造成强度的后期储备,提高混凝土的抗渗能力。

(7)缓凝高效减水剂对粉煤灰超量取代水泥的高性能混凝土有降低水灰比,使混凝土流动性、自密性更好的作用。超长缓凝能满足施工全过程,还能延长混凝土初、终凝时间,使水泥胶凝材料的水化热慢慢稳步上升,使大气环境吸收部分热能,降低水化热的急升,避免新旧混凝土收缩产生裂缝,提高混凝土的抗渗效果。

(8)优质粉煤灰超量取代水泥的高性能混凝土有良好的密实性和抗钢筋锈蚀性。由于在高效减水剂和大掺量粉煤灰的作用下,混凝土的流动性和自密性十分良好,从混凝土的渗透性以及内部结构的关系看,水灰比的降低、水化物的增加、孔结构的改善,都会使混凝土的密实性增加,从而使混凝土的自密性提高,在振捣的情况下,使混凝土更加致密,混凝土的抗渗性会更加提高。体积稳定性也是高性能混凝土的基本要求之一。由于粉煤灰超量取代水泥,使水泥用量降低,高性能混凝土的干缩率会进一步降低,所配制的高性能混凝土具有较好的稳定性,从而保证抗渗能力,有效堵住氯离子的渗透,使整体钢筋混凝土混凝土不易受到破坏。

(9)掺优质粉煤灰和高效减水剂的主要效果是改善混凝土孔结构,改善的原因在于高效减水剂和活性掺合料的联合使用。高效减水剂使混凝土的水胶比大幅度降低,是减小混凝土总孔隙率的主因。粉煤灰的颗粒形态效应、微填充效应及粒径配合效应是混凝土孔结构改善孔隙细化的物理因素。粉煤灰中火山灰效应是改善混凝土孔结构、孔隙细化、水泥石与集料界面改善的化学因素。不同掺合料的共掺,

可使混凝土水化过程中火山灰效应时段分布更加合理,使混凝土大幅提高抗渗能力。

3 施工设备选型

由于高性能混凝土比普通混凝土特殊、复杂,主要特点有粗骨料密度大、水泥用量少、煤灰用量大、低水灰比等,因此高性能混凝土拌和物比较粘稠。为了使混凝土质量稳定、拌和均匀,我们选用的拌和设备是性能良好,搅拌效率高的 HZS-100 卧式双轴强制式拌和机,全电脑配料,保证配料的准确和快速。采用混凝土搅拌车运输,大功率地泵泵送,并用塔吊配合拆管,节约了施工时间。由于混凝土拌和物粘稠,混凝土施工过程的振捣,使用了大功率插入式振动器振捣,尽可能地比普通混凝土振动频率大。为了防止振动过程碰坏钢筋的环氧保护涂层,需要在振动棒套上胶管,尽量延长振捣时间。

4 结语

湛江海湾大桥西岸主墩承台混凝土总量为 $8\,047\text{ m}^3$,属大体积混凝土,也是广东省桥梁建设史上第一次施工的大体积高性能混凝土大承台。使用以上配合比,经过合理的施工、温控措施,主墩承台已成功浇筑完毕,最多一次浇筑量为 $3\,880\text{ m}^3$,共施工了 20 h,经检测初凝时间为 21 h。在整个承台施工过程中,混凝土的和易性、工作性能良好,在泵送过程中没有因混凝土质量而引起堵管,混凝土硬化后也没有发生由于水化热和温差引起的裂缝。在施工过程中项目部试验室随机抽取 50 组试件,28 d 平均强度为 44.5 MPa,监理强制抽取 10 组试件,28 d 强度为 43.0 MPa,满足强度要求,得到湛江海湾大桥业主的一致好评。本工程为大体积高性能混凝土配合比设计和施工积累了经验,为公司创造了良好的社会效益和经济效益。