

文章编号: 0451-0712(2004)09-0047-03

中图分类号: U445.471

文献标识码: B

高强大体积混凝土施工控制

张秋信, 于 水

(路桥集团国际建设股份有限公司北京工程部 北京市 100019)

摘 要: 阐述浙江省丽水市紫金大桥下横梁高强大体积混凝土施工控制,从多角度有效控制混凝土内外温差,预防温度裂缝。
关键词: 高强; 大体积混凝土; 水化热; 养护

1 工程简介

丽水紫金大桥采用塔、墩、梁固结体系,主桥为2×160 m 二跨一联单塔双索面预应力混凝土斜拉桥,索塔采用带折线“H”形。桥塔由下塔柱、中塔柱、上塔柱及下横梁、中横梁、上横梁组成。塔柱总高度为107.6 m。主墩承台采用8根φ3.0 m 钻孔灌注桩,边墩采用双柱式结构。

下横梁是斜拉桥的主体,也是全桥的技术核心部分,梁高4.5 m,断面尺寸:横桥向宽35.38~39.6 m,顺桥向宽6.2~6.4 m;为减少横梁重量,在桥中心15 m 宽范围内设计为箱形断面。混凝土标号为C50,混凝土数量为854 m³,属于高强大体积混

凝土。

2 施工方案探讨

大体积混凝土施工遇到的普遍问题是温度应力与抗拉强度的控制。因此,大体积混凝土施工中的温度监控是控制裂缝产生的关键。为此,我们制定了详细的一次性浇注施工方案,反复从多个角度着手考虑,广泛吸收同行们的先进经验。

2.1 理论分析

(1)水化热

目前,我国现有公路桥梁设计规范中,尚无有关水化热引起混凝土的温度升高,以及混凝土浇筑中

收稿日期:2004-06-15

A Study on Reynolds Number Effect of Mean Aerodynamic Force Coefficient of Box-Beam Bridge Deck Sections

LI Jia-wu, LIN Zhi-xing, XIANG Hai-fan

(Tongji University, Shanghai 200092, China)

Abstract: The drag, lift and moment of box beam deck sections with different ratios of width to height (B/H) in TJ-2 wind tunnel are measured in this paper. The Reynolds number effect of the mean aerodynamic force coefficient and the influence of ratio of bridge deck width to its height on three mean coefficients are studied. The results show that: (1) The mean drag and lift coefficients of box shape bridge deck section have considerable Reynolds number effect; (2) the ratio of width to height (B/H) affects on Reynolds number effect of the mean aerodynamic force coefficient obviously. The result given by low Reynolds number wind tunnel test is conservative.

Key words: aerodynamic fore coefficient; Reynolds number effect; ratio of width to height; wind tunnel test

产生温度应力计算的有关规定。混凝土施工温度控制措施的选择确定,不仅与温差控制标准、结构形式和环境条件密切相关,同时还涉及到混凝土的原材料性能及混凝土配合比,施工时间安排等,牵涉面广,影响因素多。由于施工浇筑工期紧迫,通常有一种误区:想增加水泥用量,达到早期强度。这给温度控制带来较大的困难。

水化热温升经验公式: $T = T_0 + Q/N + L/50$

式中: T 为水化热温升, $^{\circ}\text{C}$; T_0 为混凝土入模温度, $^{\circ}\text{C}$; Q 为每立方混凝土水泥用量, kg/m^3 ; N 为系数,早强类水泥为 9,普通水泥为 10,矿渣类水泥为 11; L 为每立方混凝土粉煤灰用量, kg/m^3 。

从上式可知,每立方混凝土每减少 10 kg 水泥用量,混凝土的水化热温升降低 1°C 左右,因此,在保证混凝土强度的前提下,尽可能降低水泥用量是最有效、最可靠的温控措施。

(2) 控制参数

为了降低混凝土的温度应力,要求控制其温度变化。从防止出现温度变形裂缝的前提出发,温度控制的主要任务是:①降低混凝土内部最高温升,减小总降温差;②提高混凝土表面温度,降低混凝土内外温差,减小温度梯度;③延缓混凝土的降温速率,充分发挥混凝土徐变特性。

根据以上要求,我们采取的具体措施为:①选用强度等级为 42.5R 的中低热矿渣水泥;②运用“双掺技术”即掺高效减水剂及粉煤灰,减小水泥用量;③降低混凝土浇筑温度;④混凝土采用蓄热保温,严格控制混凝土内外温差;⑤加强混凝土搅拌,确保拌和均匀,使模板内部温度均匀;⑥加强混凝土保温养护,达到混凝土表面保温保湿作用。

为了防止混凝土开裂,提高混凝土本身的抗拉强度也是极其重要的一个方面。提高混凝土抗裂性能着重从提高混凝土抗拉强度入手,混凝土振捣必须密实,排除混凝土因泌水形成的水分和空隙,提高握裹力,增强混凝土抗裂性。

在优化配合比的情况下,改善施工工艺、提高施工质量、加强养护,并加强监控,使温差控制在规范规定的 25°C 之内。

2.2 混凝土配合比

(1) 水泥

水泥采用 42.5R“海螺牌”。为减少水泥水化热,降低混凝土的温升值,在满足设计和混凝土和易性要求的前提下,用量在 $410 \text{ kg}/\text{m}^3$ 。

(2) 外加剂

采用 ZWL-A 型高效减水剂,并掺 I 级粉煤灰,其中糖钙能提高混凝土和易性,使用水量减少 20% 左右,其掺量根据现场用料和工艺条件,先按设计的配合比进行现场试配,再依实际情况作必要调整并不断优化,直至满足设计要求为止。在使用高效减水剂配制高强混凝土时,水灰比对强度影响很大。为了得到更高的强度,采用增加高效减水剂用量以加大减水效果。但考虑到与单位水泥用量的关系,分离和粘性增大等问题,必须控制高效减水剂用量上限。

(3) 砂率

使用高效减水剂时产生的粘稠性和粗骨料的分离倾向,在一定程度上可通过调整砂率来加以消除。因此,根据粗骨料形状、最大粒径和单位水泥用量等选择砂率,以便获得低孔隙率、低用水量及低水泥用量的高强混凝土,砂率控制为 0.35 比较理想。

(4) 水灰比

根据 JGJ 55—2000《普通混凝土配合比设计规程》试配,在满足高强混凝土流动性的前提下选用较低水灰比,以 0.4~0.6 为宜。

(5) 坍落度

高强混凝土由于水分散失比较快,到达现场坍落度宜为 130~160 mm。根据设计强度及泵送混凝土坍落度要求,经反复试配优化及现场模拟试验,最终确定混凝土配合比为,水:水泥:砂:碎石:减水剂:粉煤灰为 185:410:696:1 002:50:80 (单位为 kg),坍落度为 160 mm。

2.3 热工计算

根据监控小组提供的技术资料:混凝土水化热最高在第三天前,而出现裂纹的最大可能性在第四天。

下横梁采用 C50 混凝土,用 42.5R 普通硅酸盐水泥,水泥用量 $410 \text{ kg}/\text{m}^3$,水灰比为 0.45, $E_c = 3.45 \times 10^4 \text{ MPa}$, $T_y = 9^{\circ}\text{C}$, $S(t) = 0.411$, $R(t) = 1$,混凝土浇灌入模温度为 30°C ,当地平均气温 T_h 为 18°C ,养护期间月平均最低温度按 10°C 计算,计算下横梁可能产生的最大收缩应力和露天养护期间 (4 d) 可能产生的温度收缩应力及抗裂安全度。

经计算,基础混凝土最大降温收缩应力为 5.96 MPa ,露天养护期间混凝土的降温收缩应力为 2.95 MPa 。

C50 混凝土抗拉强度设计值 $f_t = 2.45 \text{ MPa}$,在

不采取降温措施情况下,有温度裂缝产生。通过对相关资料分析,综合考虑几种降低水化热及保温方法,结合该项目实际情况,在得到总监办以及设计代表同意的基础上,采用了布设冷却管、“内降外保”养护、延长拆模时间等措施。

3 混凝土施工

3.1 技术管理

加强原材料的检验、试验工作。施工中严格按照方案及技术交底要求指导施工,分工明确,责任到人。加强计量监测工作,定时检查并做好详细记录,认真研究浇筑次序以防浇筑次序不当而可能出现的施工裂缝。

3.2 人员及机械设备安排

施工人员安排充足,避免疲劳作业,每班交接班工作提前半小时完成,人不到岗不准换班,并明确接班注意事项,以免交接班过程中带来质量隐患。浇筑采用泵送,并用塔吊配合,以免接、拆泵管或堵管时混凝土出现粘结困难。砂、石采用自动配料机配料,装载机配合。地泵采用两台,并有一台泵车备用。

3.3 施工工艺

根据泵送大体积混凝土的特点,采用“分段定点,一个坡度,薄层浇筑,循序推进”的方法。这种自然流淌形成斜坡混凝土的方法,能较好地适应泵送工艺,避免混凝土输送管道经常拆除、冲洗和接长,从而提高泵送效率,简化混凝土的泌水处理,保证上下层混凝土浇筑间隔不超过初凝时间。根据混凝土泵送时自然形成一个坡度的实际情况,在每个浇筑带的前后布置两道振捣器,第一道布置在混凝土出料口,主要解决上部混凝土的振实;由于底层钢筋间距较密,第二道布置在混凝土坡脚处,以确保下部混凝土密实。随着浇筑的推进,振捣器也相应跟上,以确保整个高度内混凝土的质量。由于大体积泵送混凝土表面水泥浆较厚,故在浇筑结束后除去表面浮浆。

3.4 养护

在一般情况下,混凝土养护对混凝土质量至关重要,针对高强大体积混凝土,我们采取的养护措施是“内降外保”。

(1) 做好混凝土初凝前后混凝土收浆

混凝土浇注完成后,在混凝土初凝前应及时进

行第二次收浆,以闭合混凝土可能产生的收缩细小裂缝;同时应考虑混凝土浇注采用泵送浇注,混凝土流动度大,彻底清除混凝土表面浮浆,避免混凝土表面出现收缩裂缝。

(2) 控制冷却水流速——“内降”

冷却管内水的流速主要根据监控提供的信息而定,当混凝土内外温差超过 25°C 时,就换用大功率水泵加大水流速;这样就确保了混凝土内外温差的均衡性。由于下横梁预应力管道有 82 束,而且在两实心段内分布比较均匀,在水化热达到峰值前,我们还通过向波纹管通水来辅助降温。

(3) 采用蓄水养护及延长拆模时间——“外保”

进行第二收浆后,立即采用蓄热法进行养护,限制表层混凝土热量过快散失。采用塑料薄膜覆盖形成保温层,达到保温、保湿养护。

在混凝土浇注后第二天,开始采用蓄水养护法。利用冷却管内的温水,使混凝土表层始终保持住 15 cm 水层,这样大大降低了混凝土热量的散失。更重要的措施是延长了拆模时间,由于模板本身对混凝土有一种保温作用,同时也提高了混凝土侧限强度。

采用电子测温技术,全面了解混凝土在强度发展过程中内部温度分布情况,及时掌握温差变化,在混凝土养护长达 15 d 期间,当混凝土内外温差低于 25°C 后拆除模板。

4 施工体会

(1) 高强大体积混凝土施工控制的关键是保证混凝土内外温差低于 25°C ,其控制措施是“内降外保”;“内降”主要通过冷却管及波纹管通水降低混凝土内部温度;“外保”主要采用延长拆模时间及蓄水养护保证混凝土外部温度。

(2) 优化混凝土配合比,降低每立方米混凝土的水泥用量;特别是考虑用 60 d 龄期的混凝土强度作为混凝土的控制强度,这样既节约了水泥,降低了混凝土的内部温度,又降低了成本。

(3) 严格控制混凝土初凝前的表面二次收浆,避免混凝土表面出现收缩裂缝;大体积混凝土浇注多采用泵送,流动度较大,浇注时间长,势必造成表面浮浆较厚,必须及时清除,避免产生收缩裂缝。