

# 悬浇连续梁合拢段施工技术探讨

文 江

(中铁电气化局集团西安铁路工程有限公司 陕西 西安 710032)

**【摘要】**本文以京石客运专线永定河特大桥跨拒马河 40m+56m+40m 连续梁为例,介绍了悬浇连续梁合拢段的施工方法及需注意事项,为以后同类型连续梁的合拢段施工提供了技术参考。

**【关键词】**连续梁;合拢段;施工技术

## 1 工程概况

跨北拒马河连续梁位于京石客运专线 I 标永定河特大桥的 DK55+749.43~DK55+887.13 里程段,设计为 40m+56m+40m 三跨变截面预应力混凝土连续单箱单室梁。梁顶宽 12m,底宽 6.7m,中支点处梁高 4.35m,跨中 10m 直线段及边跨 17.75m 直线梁高为 3.05m。设计采用挂篮悬浇法施工,合拢顺序为先边跨后中跨,合拢段长度为 2m。

## 2 施工难点

合拢段因混凝土浇筑后,受气温变化和梁体左右日照温度的不同,会引起梁体的伸缩变形和扭曲变形,需对合拢段需采用刚性支撑进行临时锁定,以保持合拢段无相对变形。同时由于“T”构悬臂施工高程线型控制与设计高程存在误差,需对“T”构采取措施调整其两端挠度,故在合拢段的施工中,为保证悬臂 T 构施工安全和合拢段不出现裂纹,就须解决好以下几个难点:1)合拢段设计高程偏差;2)合拢段模板的安装;3)合拢段的临时锁定;4)合拢段混凝土浇筑。

## 3 施工方法

### 3.1 合拢段模板的安装

经过对比分析,跨北拒马河连续梁桥采用了以挂篮底模、外侧模、内模当作合拢段模板的方法,这样既减少了搭设支架的投入,又使浇筑后的混凝土变形与两端已浇段保持同步。要利用挂篮作为吊架,只需解决中跨一个挂篮后退和一个挂篮前移的问题。由于 D236 号主墩的施工速度较 D237 号主墩要快,故施工中决定 D236 号墩中跨挂篮向后退,D237 号墩中跨挂篮向前移作为中跨合拢段吊架。边跨合拢段吊架仅存在前移问题,与中跨挂篮前移作吊架方法相同。

### 3.2 临时锁定

#### 3.2.1 合拢段锁定计算假设

1)以合拢段长度不变,锁定骨架支撑力能够抵消梁体温度变形引起的支座或模板体系产生的摩擦阻力即可。2)边跨合拢时边跨模板与混凝土的摩擦系数取 0.15,中跨合拢时活动支座摩擦力取 0.05。

#### 3.2.2 边跨合拢段锁定

##### 1)应力分析

根据计算,温度应力引起的力较大,而此时只有边跨模板对梁体有约束力,如果约束力小于梁体温度应力,梁体肯定会产生位移。只要保证合拢段临时锁定力大于模板及支座的约束力即可保证合拢段相对无变形。

##### 2)刚性支撑设置

在边跨现浇段及悬臂端 6 号块端部腹板两侧顶板、底板上各预埋 4 块  $40cm \times 50cm \times 2cm$  的钢板,钢板后方加焊钢板肋进行加强,梁体内埋设加强筋增加抗拔力。刚性支撑用双工 20b 焊接而成,待合拢段钢模模板施工完毕后,先把刚性支撑的一端焊接在钢板上,然后在合拢段混凝土浇筑前最低温度时,焊接刚性支撑另一端。

边跨合拢段采用刚性骨架措施锁定后,由于中墩临时固结措施尚未拆除,梁体因温差产生的温度应力通过临时固结骨架,传递给边跨现浇段。当温度应力大于现浇段混凝土与模板的摩擦力时,由于边跨的支座尚未锁定,现浇段梁就会出现温度应力方向一致的滑动把其消除。故临时锁定时,对临时刚性支撑的受力检算只需满足大于边跨现浇段混凝土与模板的摩擦力即可。

木模板与混凝土之间的摩擦系数取  $\mu=0.15$ ,则合拢段刚性支撑所受轴力为:

$$N=\mu G=0.15 \times 333.4 \times 9.8=490kN$$

其中,G 为边跨现浇段梁段所受重力。

假设采用 2 工 20b 焊成支撑骨架,每个合拢段 4 个,则每个刚性支撑所受应力:

$$\sigma=N/A=490/4/2/0.00395=15506kPa \approx 15.5MPa < [\sigma]=160MPa$$

能够满足要求。

3)临时张拉束。由于总共仅有 490kN 的力,故边跨不再进行临时预应力束张拉,仅用劲性骨架焊接来抵消温度降低时两端梁体对合拢段新浇混凝土的张应力。

4 个骨架所承受的平均力为:  $490/4=122.5kN$ , 单个骨架在钢板上焊缝长度 80cm, 为保证焊缝牢固, 每个骨架与预埋钢板的焊缝均采用四周满焊, 焊缝厚度 6mm。

#### 3.2.3 中跨合拢段锁定

1)刚性支撑骨架。在两 6' 号内预埋相同的钢板箱。中跨合拢时温度应力与边跨合拢时相同,只是抵消温度变形的力主要由 D228 号墩顶活动支座(D227 号墩顶为固定支座)与梁体摩擦力承担,取摩擦系数 0.05,承重为全桥除去中跨合拢段梁体重量的 1/2。此时摩擦力(等于合拢段刚性支撑所受轴力)为  $N=\mu G=0.05 \times 2192 \times 9.8=1074kN$ 。

假设采用 2 工 40a 焊成支撑骨架,每个合拢段 4 个,则每个刚性支撑所受应力:

$$\sigma=N/A=1074/4/2/0.00861=15592kPa \approx 15.6MPa < [\sigma]=160MPa$$

能够满足要求。

2)临时张拉束。按照临时张拉平直纵向预应力束以减少梁体挠度变形、张拉较短长度的预应力束以起到对合拢段更好的约束作用的钢绞线,选择临时张拉 2T10,2B6 纵向预应力束,以抵消温度降低时两端梁体对合拢段新浇混凝土的张应力。由于中跨梁体最大摩擦力 1074kN,故每束钢绞线张拉到  $1074/4=268.5kN$  即可。待混凝土强度达到 100% 后,张拉完其他预应力束后,将 2T10 预应力放张。

#### 3.3 合拢段配重

合拢段两端配重的目的:1)减少混凝土浇筑时的挠度变形,保证混凝土质量;2)保持 T 构两端的不平衡弯矩小于主墩顶临时固结所能提供的不平衡弯矩。

#### 3.3.1 边跨合拢配重

如果合拢段两端标高偏差  $\leq 15mm$ ,则不用配重找平;如果标高偏差  $\geq 15mm$ ,则在 T 构两侧压配重将边跨 6 号端部与现浇段 8 号块端部标高找平。

为减少混凝土浇筑过程中因 T 构两侧重量变化产生的挠度变形对新浇混凝土的影响,在一个 T 构两侧各放置一个水箱或砂袋进行配重,配重等于合拢段混凝土重量。随边跨合拢段混凝土浇筑重量同步减去边跨水箱内水或砂袋的重量,保持 T 构两侧力矩平衡。

#### 3.3.2 中跨合拢配重

如果中跨合拢段两侧高程差在 15mm 以内,中跨将不采用压重;如果偏差大于 15mm,则在中跨合拢段较高一侧用水箱或砂袋压重,使中跨合拢段两端标高一致,待混凝土强度达到 100% 设计强度后,方可取消配重。

#### 3.4 合拢段混凝土的浇筑

根据天气预报,选择 3d 内没大风降温天气时进行合拢段混凝土的浇筑。合拢段混凝土选择在一天气温最低时浇筑,浇筑时间控制在 4h 以内。混凝土浇筑前一天用水将全梁表面、箱内洒水保湿进行降温。两端的混凝土连接面要充分凿毛、湿润,并冲洗干净。合拢段采用微膨胀混凝土,泵送入模,坍落度控制在 18cm 左右。混凝土浇筑后专人进行喷水雾养生,初凝后覆盖塑料薄膜及土工布保湿(下转第 327 页)

40mm, 扩展度损失 200mm; 矿渣粉的单方用量在 160kg, 后 4 组坍落度损失 10mm 或不损失, 扩展度几乎是不损失的。矿渣粉的单方用量在 130kg,掺量约在 35%—38%, 而粉煤灰的掺量在 24%—26%, 掺合料占总胶凝材料的 59%—65%, 它的坍落度损失和扩展度损失相对于矿渣粉的单方用量在 160kg 要大得多。矿渣粉的用量在 160kg 时, 掺合料占总胶凝材料的 50%—57% 之间, 混凝土拌合物的工作性能是最佳的, 它的坍落度和扩展度的损失几乎没有。可见矿渣粉的高掺和粉煤灰复合配制混凝土, 混凝土拌合物的坍落度明显改善, 且坍落度经时损失也得到有效的缓解。这是由于充分发挥了矿渣粉和粉煤灰之间的“工作性能互补效应”。粉煤灰发挥其“形态效应”, 粉煤灰中富含的球状玻璃体对浆体起到“滚珠轴承作用”, 大大改善混凝土的流动性, 减少泵送阻力, 改善了矿粉的掺入所导致的混凝土粘聚性提高, 使混凝土得到最佳的流动性和粘聚性的组合<sup>[3,4]</sup>。

### 3.2 抗压强度

在表 2 中看到高掺矿渣粉与粉煤灰复合配制的混凝土的标养强度与自然强度对比情况, 可见混凝土早期的标养与自然强度相差并不多, 掺合料的增加并没有降低混凝土的早期强度, 这也与当时室外的气温有一定关系, 8、9 月份大连的室外平均气温都在 20℃以上, 类似于标准养护。当矿渣粉的单方用量在 130kg 时, 前 4 组 28d 的标养与自然的强度相差 9MPa 左右, 而矿渣粉的单方用量在 160kg 时, 后 4 组 28d 的标养与自然强度几乎相等。从 28d 强度可以推算出设计的强度等级最低都在 C25 以上, 编号 2、3、4 满足 C30, 编号 5—8 满足 C35 以上, 可以从中选出适合生产的基准配合比。可见掺合料的高掺并没有影响到混凝土的强度, 而且掺合料的加入会使混凝土的后期强度有很大的提高。这是由于充分发挥了矿渣粉和粉煤灰之间的“强度互补效应”。对硬化混凝土, 早期发挥矿粉的火山灰效应, 改善浆体和集料的界面结构, 补充由于粉煤灰的火山灰效应滞后于水泥熟料水化, 从而使得火山灰反应生成物和水泥水化生成的凝胶数量不足导致与未反应的粉煤灰之间界面粘结不牢引起的早期强度损失; 后期发挥粉煤灰的火山灰效应所带来的孔径细化作用以及未反应的粉煤灰颗粒的“内核作用”, 使混凝土后期强度持续得到提高<sup>[5]</sup>。

### 3.3 经济分析

(上接第 337 页) 养护, 专人进行混凝土测温记录。

#### 3.5 合拢段张拉

合拢段混凝土强度达到设计强度的 100%, 且龄期不小于 5 天后, 放松吊架外侧模及内侧模。然后按设计顺序进行纵向、横向、竖向预应力束张拉, 张拉完成后方可脱底模。

### 4 结语

跨距马河连续梁合拢段采用体外型钢临时支撑的方案, 经设计

(上接第 369 页) 2 结论及建议

汽动给水泵在主机 320MW 工况下出口流量为 1062.22t/h, 折算到转速为 3890r/min 时, 扬程 2467.91m (设计值为 2806m), 轴功率 9381.24kW (设计值为 9522kW), 其效率最高为 70.35%。由于泵轴功率比设计值低 140.76kW, 泵轴功率的降低使得给水泵的扬程相应降低, 表现为小汽轮机轴功率输出不够。

小汽轮机在主机 320MW、高加节流下进汽压力为 0.8963MPa (设计值为 0.478MPa), 温度为 318.75℃ (设计值为 243℃), 及排汽压力为 0.0113MPa (设计值为 0.0053MPa) 运行参数偏高。小汽轮机的排汽压力 11.3kPa, 与设计值 5.3kPa 比较排汽压力太高, 降低排汽压力可提高小汽轮机的轴功率输出。

综上所述, 通过对汽动泵组的性能试验和单耗实线分析, 得出了

矿渣粉作为混凝土的一种掺合料, 它的细度要比水泥的小, 可以取代水泥。通过表 2 中可以看出矿渣粉的高掺可以更多的取代水泥, 减少水泥的用量来降低单方成本, 从而取得较好的经济效益。矿渣粉的应用可以使单方成本减少 10—15 元, 这对于生产规模较大的商品混凝土供应商具有可观的经济价值, 而且能有效利用矿渣资源, 解决环保问题, 完全符合可持续发展的思想和战略。同时, 对商品混凝土来说, 具有良好的能长期保持的力学性能、水化温峰小且延迟、体积稳定性好等特性。矿渣粉作为掺合料在混凝土中的应用将会有良好的前景<sup>[6]</sup>。

### 4 结论

4.1 矿渣粉的高掺与粉煤灰复合配制的混凝土, 能够充分发挥矿渣粉和粉煤灰之间的“工作性能互补效应”, 大大改善混凝土的流动性, 减少了坍落度的损失。

4.2 矿渣粉的高掺与粉煤灰复合配制的混凝土, 充分发挥了矿渣粉和粉煤灰之间的“强度互补效应”, 使混凝土的早期提高, 后期强度持续发展。

4.3 掺合料的增加取代了部分水泥的用量, 具有较好的经济效益。<sup>[科]</sup>

### 【参考文献】

- [1] 张雄, 韩继红, 李旭峰. 矿渣微粉对减水剂效果影响及其作用机理[J]. 混凝土, 1999, 6.
- [2] 张雄, 吴科如. 高性能混凝土矿渣复合掺合料特性与作用机理[J]. 混凝土与水泥制品, 1997, 3.
- [3] 肖国先, 徐德龙, 侯新凯. 水淬高炉矿渣超细粉的应用与制备[J]. 西安建筑科技大学学报.
- [4] 张树青. 新型矿渣水泥的强度发展特性[J]. 混凝土, 2002, 4.
- [5] 刘军华, 等. 掺加磨细矿渣掺合料对泵送混凝土性能的试验研究[J]. 混凝土, 2001, 8.
- [6] 宋中南, 石云兴. 矿渣微细粉复合效应对高性能混凝土工作性能与流变性的影响[J]. 混凝土, 2003, 1.

[责任编辑: 王静]

院审核同意施行, 施工后合拢段未出现任何裂纹, 证明了方案的正确性。<sup>[科]</sup>

### 【参考文献】

- [1] 范立础. 预应力混凝土连续梁桥[M]. 北京: 人民交通出版社, 1988.
- [2] 周水兴, 何兆益. 路桥施工计算手册[M]. 北京: 人民交通出版社, 2001.

[责任编辑: 常鹏飞]

该泵组存在出力不足的问题, 建议降低小汽轮机排汽压力, 如有条件可改造小汽轮机通流部分, 以提高小汽轮机的输出轴功率, 从而达到提高泵效的目的。<sup>[科]</sup>

### 【参考文献】

- [1] ISO5198—1987 离心泵、混流泵和轴流泵试验规程.
- [2] 李高, 张琳. 提高发电厂给水泵效率和运行经济性的途径[J]. 发电设备, 2001(1): 46—49.
- [3] 赵太平, 王寿增. 给水泵改造后怎样维持高效运行[J]. 东北电力学院学报; 1999, 14(4): 97—99.

[责任编辑: 王静]