

高速公路共线段大悬臂预应力盖梁裂缝控制研究

潘利冰 黄涛

绍兴市柯诸高速公路有限公司 浙江 绍兴 312000

摘要：大悬臂预应力盖梁单体混凝土用量较大，已属于大体积混凝土，质量控制难度较大，易出现非受力裂缝。本文根据其他项目案例，结合本项目实际，在混凝土配合比设计、支架搭设、混凝土浇筑及养生等方面对前期个别大悬臂预应力盖梁的墩顶上部竖向裂缝进行研究，分析裂缝产生主要原因，为今后大悬臂预应力盖梁施工裂缝控制提供经验。

关键词：高速公路；共线段；大悬臂预应力盖梁；竖向裂缝；成因分析；施工技术措施

前言

随着设计理念及施工技术水平的不断提升，越来越多城市道路、公路桥梁采用预制拼装上部结构+大悬臂预应力盖梁的结构形式，该种结构形式既可以减少占地面积，节约土地，又提高了桥下空间的通透性。但该种结构形式的盖梁往往尺寸及混凝土用量较大，属于大体积混凝土，质量控制难度较大，易出现非受力裂缝^[1]。

1 项目概况

某项目涉及连续高架桥与地面道路共线布设，共线段下部结构均为大悬臂预应力盖梁，混凝土设计强度为C50，典型尺寸为24.55*2.5*2.7m（双向四车道）、32.05*2.9*3.0m（双向六车道），悬臂长度分别为6.975m、10.06m。如图1

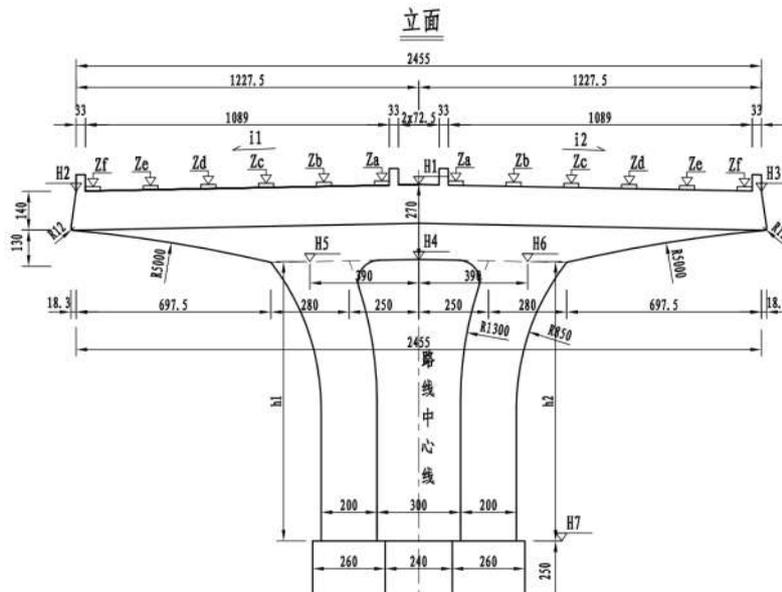


图1 盖梁立面图

根据施工图设计文件，结合相关规范要求^[2]，大悬臂预应力盖梁主要施工工序为地基处理-支架安装-盖梁底模安装及预压-盖梁钢筋（含预应力波纹管）安装-侧模及预埋件安装-混凝土浇筑-混凝土养护-第一批钢绞线张拉、压浆、封锚-模板支架拆除-梁板安装-第二批钢绞线张拉压浆封锚。

2 裂缝情况描述

施工初期，四车道区域大悬臂预应力盖梁拆模后除

出现混凝土表面气孔、水平分层色差、局部区域漏浆及拆模磕碰损伤等缺陷外，个别大悬臂预应力盖梁墩顶附近规律性的出现竖线裂缝，如主线桥48#盖梁，该盖梁于8月27日傍晚浇筑，于8月29日拆除侧模，发现墩顶附近出现竖向裂缝共6条，缝长在1395mm以内，缝宽在0.12mm以内，最严重裂缝处取芯缝深为3cm，经定期观测，裂缝未变化，初步判断为非受力裂缝。主线桥48#盖梁竖向裂缝相关信息如图2表1。

48#盖梁大里程侧

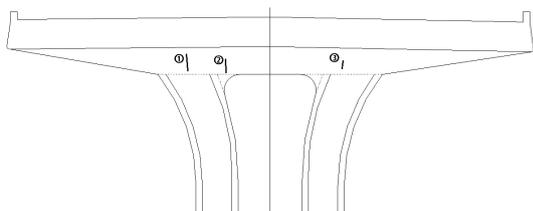


图2 主线桥48#盖梁裂缝分布示意图

表1 主线桥48#盖梁裂缝观测记录表

部位	裂缝编号	尺寸 (mm)					
		初次观测			张拉前观测		
		长	宽	深	长	宽	深
小里程侧	①	1395	0.12	30	1395	0.12	30
	②	530	0.06	/	530	0.06	/
	③	630	0.04	/	630	0.04	/
大里程侧	①	960	0.12	/	960	0.12	/
	②	590	0.04	/	590	0.04	/
	③	490	0.04	/	490	0.04	/

3 原因分析

大悬臂预应力盖梁墩顶附近出现规律性竖向裂缝(裂纹)后,项目参建各方高度重视,立即停止施工,溯源盖梁施工全过程,并查阅相关文献^[3-6],结合其他项目成果经验,以主线桥48#盖梁为研究对象对裂缝产生主要原因进行深入分析、研究。

(1) 混凝土配合比设计方面。大悬臂预应力盖梁属大体积混凝土,原C50混凝土配合比为水泥:粉煤灰:砂:碎石:水:外加剂=408:72:685:1117:158:5.76,水泥用量过高,混凝土水化热多大,盖梁内部峰值温度接近90°C,但盖梁表面温度相对较低,易导致混凝土表面开裂。

(2) 支架设计方面。大悬臂预应力盖梁采用落地贝雷钢管支架,边支墩与中支墩未连接成整体,支架体系虽由专业单位设计并出具相关受力验算书,但设计单位未充分考虑现场工况,钢支墩基底不平整、钢支墩高度较高,垂直度存在允许偏差等,支架收荷载后,可能处在水平力,支架变形致大盖梁初凝前后出现裂缝。图3

(3) 钢筋模板方面。模板采用定型化设计钢模板,钢板厚度6mm,委托有能力的厂家加工,经试拼合格后投用;大悬臂预应力盖梁钢筋在钢筋加工场胎架上进行焊接、绑扎,分段运至现场吊装、拼接,施工质量均有保障。

(4) 混凝土浇筑方面。主线桥48#盖梁混凝土浇筑于8月份,环境气温较高,浇筑期间未对混凝土拌合用料温度、出仓温度、入模温度进行严控,混凝土入模温度过高,至混凝土峰值温度偏高,内外温差偏大,易造成大

体积混凝土早期开裂。

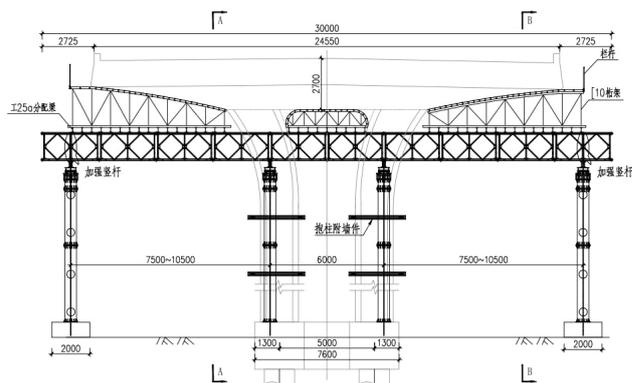


图3 支架系统立面图

(5) 混凝土养生方面。侧模拆除时,混凝土强度较低,尤其是抗拉强度,混凝土内部温度仍在上升,拆模时混凝土里表温差加大;侧模拆除后仅土工布覆盖保湿养生,未用薄膜覆盖,且养护不到位,加快大盖梁表面温度散失,混凝土表面与环境温度差增大,易产生开裂。

综上,混凝土配合比水泥用量过大、混凝土入模温度过高、拆模时间过早且养生不到位等原因,混凝土里表温差、温度应力+收缩应力相互叠加,且盖梁混凝土自由收缩受双柱束缚,导致墩顶区域混凝土竖向开裂;支架设计过于理想,支架搭设不规范,存在支架不稳导致的混凝土开裂风险。

4 施工技术优化

根据相关规范要求,结合分析后的主因,项目在支架设计、配合比设计、混凝土浇筑及养生等重点环节进行了优化、严控。

4.1 优化支架设计

(1) 为了减小边墩的横向位移,增加支架体系整体稳定性,在中墩和边墩之间增加平联,减小支架边墩的变形和位移。同时边墩支架内移1.5m,贝雷梁最大跨径由10.5m较小为9m,减小挠度变形,图4。

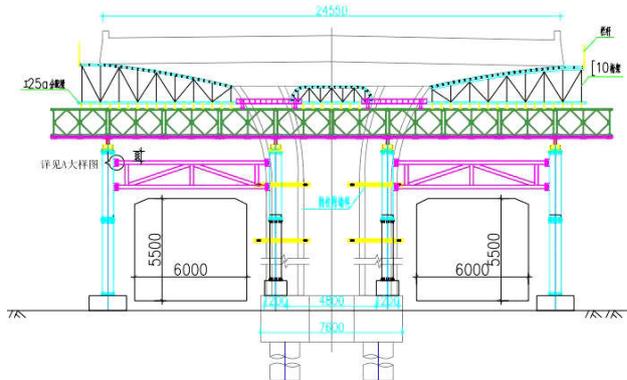


图4 支架体系图

(2) 为增加贝雷梁主承重梁的抗弯性能, 采用增加加强下弦杆处理, 贝雷与下弦杆采用专用销钉连接。

(3) 大小里程贝雷梁支架拉杆调整为剪刀撑, 增加支架的整体性。

4.2 优化混凝土配合比

(1) 在拌合站储存罐数量受限, 且为保证最终强度

的情况下, 通过调整单掺粉煤灰混凝土配合比, 降低水泥用量(85%→80%), 减小水化热; 调整外加剂配方, 延长混凝土初凝时间, 减少冷缝, 确保盖梁混凝土一次初凝; 掺加0.8kg/m³聚丙烯纤维, 提高混凝土抗拉强度, 避免盖梁表面早期裂缝产生。配合比优化对比详见下, 表2。

表2 配合比优化对比表

优化记录	水泥	粉煤灰	矿粉	聚丙烯纤维	砂	碎石	水	外加剂	水胶比
老配合比	408	72	/	/	685	1117	158	5.76	0.33
新配合比	384	96	/	0.8	697	1089	158	5.76	0.33

(2) 严控混凝土入模温度。从控制拌合用水、砂石料等自身温度着手, 降低混凝土拌合、出仓模温度, 确保混凝土入模温度不高于28℃。

4.3 优化浇筑及振捣工艺

(1) 做好施工组织设计, 避免在日最高气温时浇筑砼。选择在晚间浇筑, 晚间浇筑砼受风和温度的影响相对较小, 且可在接近日出时终凝, 而此时的相对湿度较高, 可避免早期混凝土因表面干燥而开裂。

(2) 加强交底, 明确人员配置和浇筑施工工艺。每次浇筑, 盖梁顶至少9名作业人员, 1人专门布料, 另外每侧4人交替振捣, 按照布料方向实施振捣。在侧模顶部做好标记, 振捣棒插入间距为30cm, 作业人员按照标记插入振捣棒。插入深度, 每次插入下层混凝土至少10cm。每个点振动时间控制在20~30s, 以混凝土停止下沉、不出现气泡、表面呈现浮浆为度。混凝土供应充足, 一台输送泵连续作业, 泵送间隔时间不超过15min。

5 加强混凝土养生

(1) 内降外保温措施。一是优化施工图设计, 在盖梁内部增设冷却管, 浇筑完成后7d持续通冷却水循环, 降低盖梁内部温度; 二是延长侧模拆除时间, 明确混凝土浇筑后带模养生时间不少于72h; 三是盖梁表面除覆盖土工布保湿养护外, 增加一层油布包裹, 减少盖梁表面水分蒸发, 提高盖梁表面温度。图5

(2) 混凝土温度监控。盖梁内埋设测温线, 浇筑完毕后进行测温, 盖梁测点截面分为表层、中心、底层, 表层温度测点布置于距表面50mm处, 盖梁共计10个温度测点, 并安排专人收集相关温度数据, 通过数据分析, 研判最佳拆模时间。

通过以上措施, 在主线桥60#盖梁进行了重置首件, 温度监测显示盖梁内部峰值温度明显下降, 仅为72.8℃, 里表温差控制在25℃以内, 盖梁外观未见明显缺陷、

墩顶未发现竖向裂缝, 重置首件成功, 且后期大悬臂预应力盖梁大面积施工中未出现竖向裂缝。

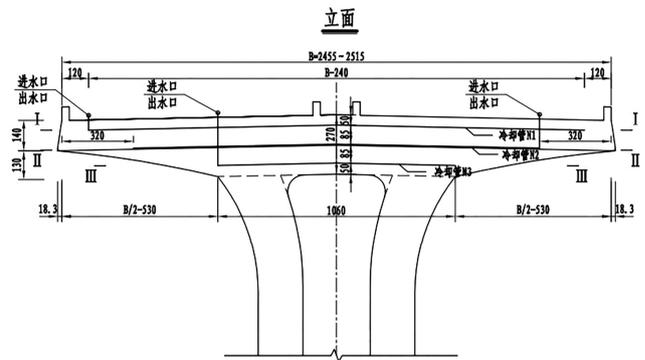


图5 大盖梁内置冷却管布置图

6 结论

研究表明, 配合比优化, 减少水泥用量, 增加纤维、混凝土内降外保, 延长带模养生时间等措施是大悬臂预应力盖梁最有效的温控防裂措施, 避免墩顶竖向裂缝产生; 强化支架设计, 规范支架安装可避免的支架不稳定引起的开裂风险。

参考文献

[1]GB 50496-2018.大体积混凝土施工标准[S].
 [2]JTG/T 3650—2020.公路桥涵施工技术规范[S].
 [3]杨鹰, 盛兴旺, 马昆林.C50大体积混凝土温度应力测试及抗裂性能研究[J].铁道科学与工程学报, 2018, 15(04): 887-892.
 [4]侯诚, 战宝嘉.大悬臂预应力盖梁支架体系工艺及安全管理[J].工程建设与设计, 2023, (23): 111-114.
 [5]熊良贵.大体积混凝土温控防裂措施在道桥工程中的应用[J].黑龙江交通科技, 2020, 43(04): 104-105.
 [6]梁庆.大跨径预应力混凝土盖梁裂缝成因分析与控制[J].价值工程, 2013, 32(26): 113-114.