

# 大悬臂预应力盖梁施工裂缝控制研究

陈龙

上海公路桥梁（集团）有限公司

**摘要：**大悬臂预应力盖梁的结构尺寸和混凝土方量较大，属于大体积混凝土结构，其施工难度较大，且容易产生裂缝。本文对浙江省某在建的高架桥工程施工过程中个别大悬臂预应力盖梁产生的裂缝进行了研究，结合裂缝情况并参照其他工程案例对裂缝产生原因进行了分析，结果表明是由于盖梁支架搭设、模板安装、支架预压以及混凝土浇筑与养护等过程中存在的问题导致了裂缝的产生。此外，针对裂缝产生的原因提出了后续大悬臂盖梁施工的改进措施。

**关键词：**高架桥；大悬臂预应力盖梁；裂缝；温度与收缩应力；施工技术

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2022.04.017

## 一、前言

近20年来，我国城市化进程十分迅速，对城市桥梁建设的需求也在明显增加。为了缓解城市拥堵并对城市的上部空间进行充分利用，现在许多城市都正在迈入高架桥时代，积极进行高架桥建设。与野外等施工环境不同，城市中用地紧张，所以在施工时桥墩占地面积的大小是重要考虑因素。大悬臂盖梁可以与流线型桥墩配合使用，使高架桥建成后占地面积大大减小，且桥下空间充足，采光良好，与其他城市景观具有更好的协调性，在美观上也具有一定的优越性<sup>[1]</sup>。基于上述优点，大悬臂盖梁在目前的施工中正在逐步得到广泛的应用。但作为大体积混凝土，盖梁在施工过程中会因为施工不当等因素导致其产生裂缝。裂缝不仅会对工程的外观造成影响，还会对工程从渗水、钢筋锈蚀、结构强度等多个方面造成危害<sup>[2]</sup>，所以对裂缝产生原因进行深入分析并提出相应的预防和改进措施对于大悬臂盖梁施工技术的发展具有较为重要的意义。

## 二、工程概况

本项目为浙江省某城市高架桥的改建项目，主线工程盖梁全部采用了大悬臂预应力盖梁的形式。在施工过程中，95#、97#盖梁产生了较为明显的裂缝，二者的概况如下：95#、97#盖梁均为大挑臂钻石切割形预应力盖梁，盖梁中部截面尺寸3m\*3.2m；设计方量210.2m<sup>3</sup>，混凝土强度等级为C50；95#盖梁采用4排钢管支架设计、立柱每侧设置3排贝雷片，97#盖梁采用5排钢管支架、立柱两侧各设置3排贝雷片，现场支架布设情况如图1所示；95#盖梁浇筑时间为2021年5月5日，气温24℃，浇筑时长4小时左右，浇筑完成时气温为20℃；97#盖梁浇筑时间为2021年6月1日，气温26℃，浇筑时长3小时左右，浇筑完成时气温为24℃。

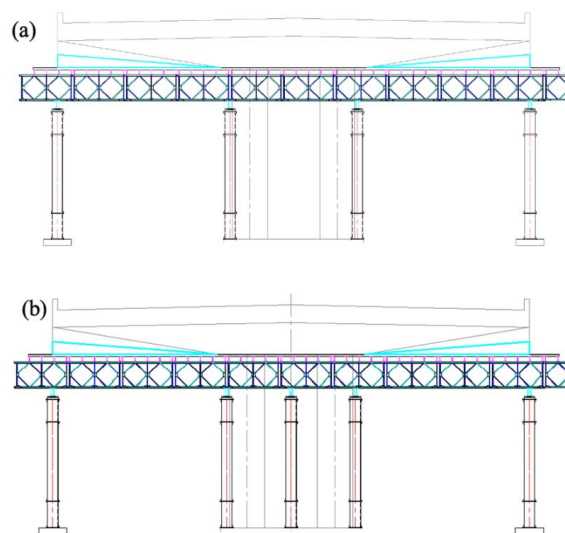


图1 现场支架布设示意图：（a）95#盖梁；（b）97#盖梁

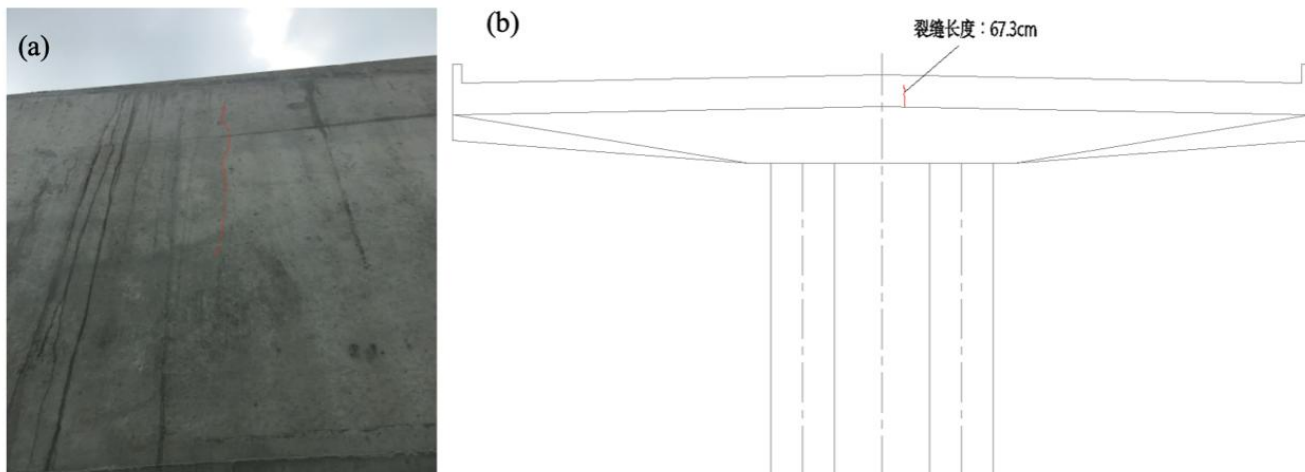


图2 95#盖梁裂缝：（a）裂缝实际外观；（b）裂缝位置示意

### 三、裂缝产生状况

混凝土结构物实体最小几何尺寸不小于1m的大体积混凝土，或预计会因混凝土中胶凝材料水化引起的温度变化和收缩而导致有害裂缝产生的混凝土，称之为大体积混凝土<sup>[3]</sup>。

建国伊始，我国最早的大体积混凝土是在修建水利工程中的大坝时进行使用，随着工程技术的不断发展，现在工程建设中对大体积混凝土的使用已经十分广泛，如高架桥支护、隧道基础、高层楼房基础等，在现代社会中起着重要作用。大体积混凝土中水泥产生的水化热以及所承受的收缩应力均要明显大于普通混凝土结构，所以施工难度会大大增加。虽然混凝土具有良好的抗压性，但其抗拉性能较差，即使利用钢筋及预应力增强其抗拉性能，但在温度荷载、体积收缩等作用下还是会不可避免地产生裂缝<sup>[4]</sup>。

95#盖梁在浇筑完成并进行养护两天后发现在盖梁中间处的侧面上部存在纵向裂缝，裂缝长度为67.3 cm，如图2所示。97#盖梁在浇筑完成并进行养护3天后在多个位置发现裂缝，分别位于盖梁侧面中部（1处）、立柱上方盖梁侧面下部（2处），长度分别为52.7cm、41.2cm、153.1cm，如图3所示。两片盖梁所产生裂缝基本都分布在盖梁与立柱接触面的周边，多为竖向裂缝，个别裂缝长度较大，但并未贯穿盖梁侧面，另外盖梁腰线附近有部分横向裂缝。综合考虑现场调查、盖梁施工工艺及裂缝位置后，基本确定上述裂缝多为温度收缩及体积收缩裂缝，非结构受力裂缝，主要影响结构的耐久性，不影响结构的承载能力，经修补后，盖梁可以使用。

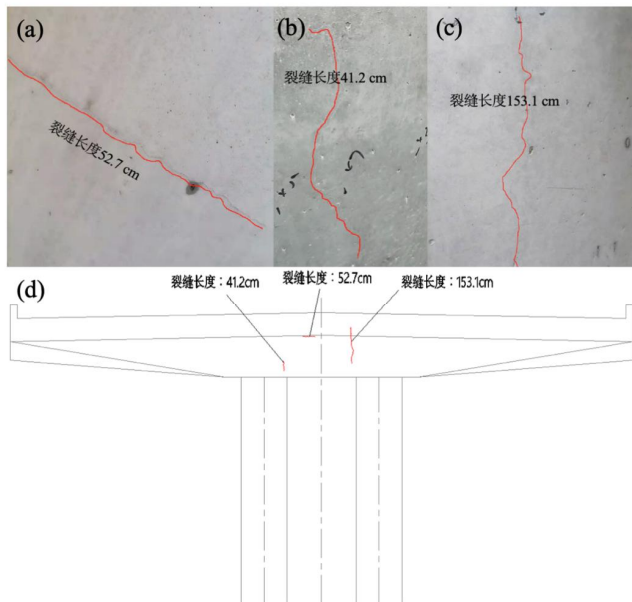


图3 97#盖梁裂缝：(a) ~ (c) 裂缝实际外观；  
(d) 裂缝位置示意

### 四、裂缝产生原因分析

通过对盖梁施工整个过程中各个施工步骤进行深入分析，并参考文献查阅结果和以往工程案例的经验，确

定了95#和97#盖梁裂缝产生原因，涉及了支架搭设、模板安装、支架预压、混凝土浇筑和养护多个过程。

95#和97#盖梁的现状地面存在一定坡度，钢管支墩条形基础找平不到位，导致支架贝雷梁顶部与模板底部存在一定间隙，且盖梁中间等高段底模采用木模和小方木支撑在贝雷片上，刚度略小，达不到设计要求；设计要求95#盖梁支架体系需要采用5排钢管支架进行支撑，但在实际施工过程中仅采用了4排钢管支架，与设计要求不符。

在预压过程中，97#盖梁只在钢管顶部进行预压，没有按照要求进行全断面满载预压。由于钢管支架是布设在承台和社会道路上，地基承载力可以满足要求，不会产生地基不均匀沉降，所以预压不到位主要会导致对支架非弹性变形的消除不够充分，使混凝土浇筑过程中支架可能产生变形，进而造成混凝土的开裂。

95#和97#盖梁混凝土方量为210.2m<sup>3</sup>，施工时采用单泵车进行浇筑，浇筑时从一侧向另一侧分层推进浇筑，导致支架单侧受力过大，且混凝土初凝时间太短，盖梁浇筑时长较大，导致了早期混凝土初凝，支架及下层盖梁混凝土过早开始受力；95#盖梁浇筑最后，顶部浮浆没有二次收面，造成了顶面产生裂缝；盖梁浇筑完成后，后期养护不到位，且盖梁拆模时间过早，使盖梁内部与表面产生了较大的温度差，造成了盖梁内部较大的温度应力和收缩应力；此外，盖梁施工时钢筋保护层厚度不均匀，这也会导致混凝土较薄部位容易开裂。

### 五、后续施工技术改进

#### (一) 支架搭设与模板安装

(1) 盖梁支架体系底部混凝土块要做好现场找平，消除原有地面道路坡度影响，且支架要严格按照设计计算来搭设，要求支架体系包括混凝土块、钢管、卸荷块、贝雷片、工字钢、方木等进场构件质量合格，无缺损及承载问题，各种构件类型的规格型号要保持一致，严禁混用；(2) 还可通过在盖梁支架体系的贝雷片设置花窗以加强连接（特别要针对两侧挑臂及跨中弯矩最大处）；(3) 在现场条件允许的情况下要增加盖梁悬臂位置处的钢立柱排数，严格落实全断面预压，预压配重按照盖梁各位置自重分布进行设置，并对基底、钢立柱底板平整度和垂直度进行严格控制；(4) 模板安装时，盖梁中间等高段底模要采用钢结构支撑，确保支撑牢固紧密，并保证盖梁中间段底模顶部平整。

#### (二) 混凝土浇筑与养护

盖梁浇筑过程中浇筑速度以及混凝土初凝时间对盖梁裂缝的产生造成了较大影响，所以要后续施工要针对这一原因进行改进。(1) 今后搅拌站要进行混凝土配合比调整，延长混凝土初凝时间，且要保证混凝土供应量，必要时多个拌合站同时供料且使用同一料源及配合比，确保混凝土外观一致；(2) 在对变截面盖梁大体积混凝土浇筑时采用双泵车浇筑，确保盖梁在混凝土初凝的时间段以内浇筑完成，浇筑方法要采用从变截面位置向两边同时浇筑，严格控制分层浇筑厚度，采用阶梯式浇筑顺序，加强墩柱交接部位、端头锚垫板位置浇筑振捣质量。

浇筑完成后，要针对混凝土养护采取以下措施。

(1) 在盖梁浇筑完成后，顶部要做好二次收面，做好养护工作，确保顶面混凝土浇筑质量；(2) 后续养护过程中要严格按照设计要求和施工规范，及时对盖梁进行覆盖养护，采用“一布一膜”包裹养护，内侧用土工布、外侧用塑料膜包裹，延长带模养护时间至2~3天，确保盖梁混凝土强度达到要求后再进行拆模，且拆模时间安排在每日午后2点日气温最高时。如果为冬季施工，要在盖梁混凝土初凝后即进行盖梁顶面土工布覆盖以避免热量和水分快速流失，拆模后立即使用土工布全覆盖构件，形成自蒸养环境。

### (三) 沉降和温度变化监测

除了在支架搭设以及混凝土浇筑等方面进行改进外，后续施工过程中还要加强整个盖梁施工体系的沉降和温度变化监测。进行沉降观测可以有效地掌握在支架预压以及混凝土浇筑等施工过程中整个体系的沉降情况，并以此为基础制定具有针对性的预防措施，如设置预拱度等。对盖梁在养护过程中的温度进行监测可以得到水化热导致其内部温度变化的实时数据，绘制温度变化曲线，进而可以根据温度变化趋势设置管冷等措施来改善水化热产生的影响。

根据盖梁支架设计体系，除在钢管顶部设置常规沉降观测点外，还要在贝雷片顶部设置沉降观测点，观测

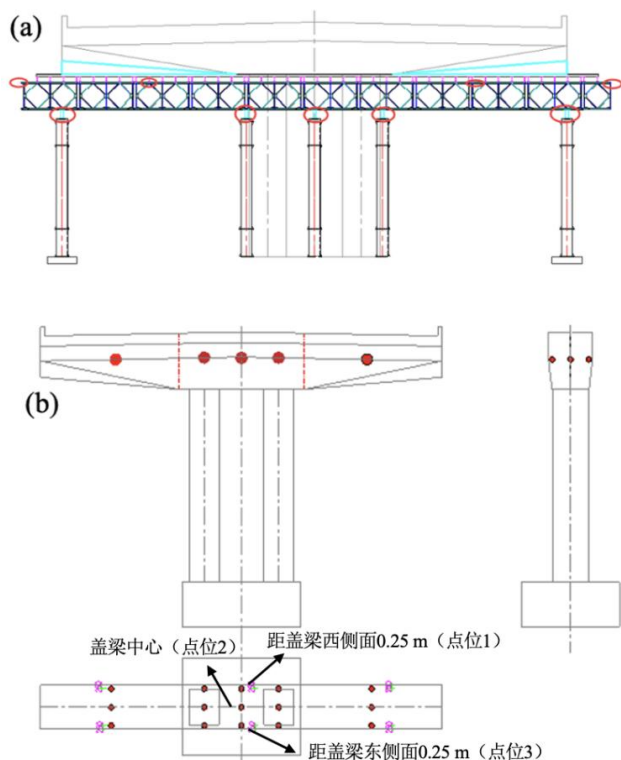


图4 监测位点布设位置示意：(a) 沉降监测点；(b) 温度监测点

断面设置原则为贝雷片横桥向两侧悬臂端部以及钢管间贝雷片跨中位置处，每个观测断面设置2个观测点，如图4(a)所示。沉降观测分两个阶段进行测量和数据记录，第一阶段包含支架预压前、支架预压稳定后、支架预压卸载后。第二阶段包含混凝土浇筑后、拆模后。支架沉降观测过程中随时掌握每个关键阶段的监测数据，预压后每12小时测量一次沉降量，预压合格卸载完成后，进行下一步施工工序并持续记录观测数据。

关于盖梁的温度监测，要在盖梁混凝土内部设置5组温度传感器，分别设置盖梁中间直线段3组、悬臂位置2组，以观测浇筑后混凝土温度变化，并绘制温度峰值曲线，结合温度变化情况确定盖梁实际需要的养护天数。5组温度传感器均设置在盖梁中心高度处，每组传感器共设3个测点，中心设置1个，两侧距离盖梁外侧25cm处设置各设1个，如图4(b)所示。目前已经得到部分盖梁内部养护过程中内部温度的变化数据，如表1所示。可以看出，养护的第二天时盖梁内部温度较高，中心温度接近90℃，两侧温度也保持在80℃左右，和外部环境存在巨大的温差，这说明了在盖梁施工过程中加大力度控制其内部温度应力和收缩应力的必要性。

表1 盖梁第二天养护内部不同部位温度情况

监测次序	悬臂中(南侧)			盖梁中			悬臂中(北侧)		
	第一次	第二次	第三次	第一次	第二次	第三次	第一次	第二次	第三次
点位1	80.5	78.4	82.1	85.8	79.5	81.1	81.2	80.2	76.2
点位2	88.3	88.3	89.3	90.6	90.7	90.9	89	89.4	89.3
点位3	82.6	81.4	77.6	84.1	83.4	82.8	70.8	69.5	68.4

注：点位所表示具体位置如图4所示。

## 六、结语

大悬臂盖梁在施工过程中其内部会产生较大的水化热，导致盖梁内部与表面产生巨大温差，进而会使盖梁内部承受较大的应力，最终造成其表面的开裂。支架体系在施工过程中的不规范操作会使整个盖梁施工体系产生超出要求的不均匀沉降和挠度，这也会造成裂缝的产生。未来的大悬臂盖梁等大体积混凝土结构施工过程中要着重从这两个方面进行考虑，尽量减少裂缝的产生，优化工程外观和结构强度，保证工程质量。

## 参考文献

- [1] 顾辉亮. 超长悬臂盖梁裂缝控制施工技术探讨[J]. 四川建材, 2019, 45(06): 130-131.
- [2] 赵海清, 谭桂华, 王伟卿等. 高墩大悬臂预应力混凝土盖梁开裂原因分析[J]. 上海公路, 2021(02): 57-59+88+167.
- [3] 陈博. 大体积混凝土裂缝控制及案例分析[D]. 南昌大学, 2018.
- [4] 曹瑞, 郭祥军, 王晓鹏等. 大悬臂盖梁支撑体系分析[J]. 施工技术, 2020, 49(S1): 1229-1231.