

DOI:10.16799/j.cnki.csdqyfh.2023.03.047

预应力盖梁张拉端裂缝成因分析及技术对策研究

程旭东¹,叶涛¹,邵斌磊²,秦超²,李绵宏¹

(1.宁波市城建设计研究院有限公司,浙江宁波315012;2.浙江华展工程研究设计院有限公司,浙江宁波315012)

摘要: 预应力盖梁结构在预应力张拉施工时,其张拉端部出现开裂为较为常见的病害。以某工程城市主线高架桥盖梁为例,通过分析预应力盖梁端部裂缝的成因,提出了裂缝预防处理措施和设计的优化,其所得结论和建议对同类结构设计具有借鉴意义。

关键词: 预应力混凝土;盖梁;开裂;成因分析;处理建议

中图分类号: U445 文献标志码: B 文章编号: 1009-7716(2023)03-0186-04

0 引言

在桥梁快速化施工理念的指导下,已建或即将建设的城市高架桥梁中,桥梁上部结构更多地采用了预制小箱梁结构型式,大跨度盖梁构造得到愈加广泛应用。根据对实际工程施工过程的跟踪调查,预应力盖梁结构在预应力张拉施工时,其张拉端部开裂病害时有发生。

为了保证预应力结构的安全性,提高结构的耐久性,减少后期运营围护成本,针对预应力盖梁张拉端裂缝情况,提出有效预防措施,并给出更为合理的设计方案,对后续的预应力盖梁设计具有重要指导意义。

1 盖梁结构概况

某工程城市主线高架桥盖梁采用预应力盖梁,盖梁顶部总长24.1 m,下设两根立柱,两立柱外侧全宽6.5 m,故盖梁悬挑长8.8 m;盖梁宽2.2 m,根部梁高2.5 m,端部梁高1.35 m。

盖梁预应力钢束里面布置如图1所示。

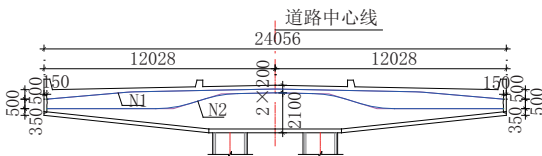


图1 盖梁预应力钢束里面布置示意图(单位:mm)

盖梁内配置双排钢束,上下排N1和N2均为6束 $16\phi^{*}15.2$ 的钢束。盖梁锚具布置及张拉顺序如图2所示。

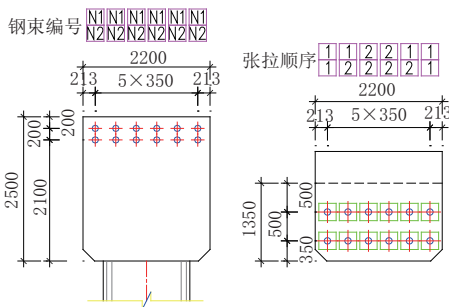


图2 盖梁锚具布置及张拉顺序示意图(单位:mm)

盖梁张拉端根据钢束线形设置台阶状槽口。盖梁张拉端锚槽构造配筋如图3所示。

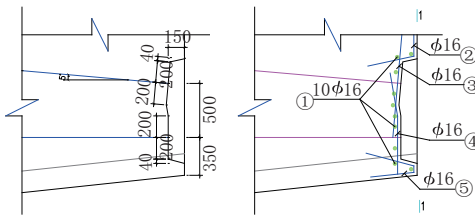


图3 盖梁张拉端锚槽构造配筋示意图

锚具下除配套螺旋筋外,配置井字形加强钢筋。

盖梁上缘布置15根 $\phi 32$ 钢筋,下缘布置17根 $\phi 32$ 钢筋;箍筋为6肢 $\phi 16$ 钢筋。其中,盖梁端部箍筋间距为15 cm。盖梁断面配筋如图4所示。

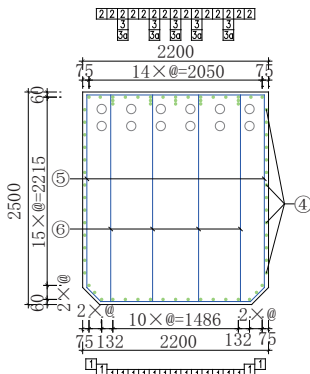


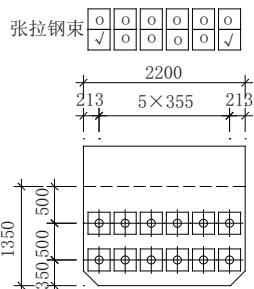
图4 盖梁断面配筋示意图(单位:mm)

收稿日期: 2022-03-22
作者简介: 程旭东(1992—),男,硕士,工程师,从事桥梁设计工作。

2 盖梁张拉端裂缝及成因分析

2.1 盖梁张拉端裂缝情况

盖梁实施时,第一批钢束的边束张拉施工时,出现了张拉端开裂情况(见图5、图6)。



注:“√”表示已张拉钢束,“o”表示未张拉钢束。

图5 钢束张拉情况(单位:mm)

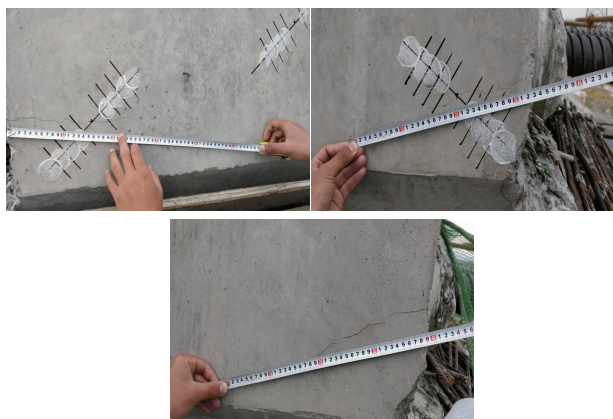


图6 现场裂缝照片

根据调查统计,盖梁张拉端裂缝情况统计如下:

- (1)裂缝均在盖梁外侧边排钢束张拉时出现,且基本位于与锚具位置对应的盖梁端侧面。
- (2)裂缝走向多为水平走向,或水平稍有偏斜。

2.2 裂缝成因分析

综合设计图纸、实际施工情况及裂缝形态,初步分析认为盖梁裂缝是由于张拉端混凝土抗劈裂承载能力不足所致^[1],但导致抗劈裂承载能力不足的原因是多方面的:

- (1)盖梁外侧边排钢束距盖梁边距离按 OVM 厂家建议值设计,但富余量较小。
- (2)台阶状锚槽对施工精度控制要求高,且不利于台阶下混凝土的浇捣密实。
- (3)施工锚下钢筋未按图纸要求放样到位,导致锚下素混凝土过厚。
- (4)盖梁主筋直接在锚槽后弯起,导致锚下局部位置处主筋、锚槽钢筋、锚下井字形加强钢筋及锚下螺旋筋密集,钢筋十分密集,不利于锚下混凝土浇筑密实。

(5)盖梁箍筋未按要求布置至端部,盖梁侧面钢筋未按要求伸至端部,导致锚槽后盖梁两侧基本呈素混凝土状。

(6)螺旋钢筋规格不满足《公路桥梁预应力钢绞线用锚具、夹具和连接器》(JT/T 329—2010)规定的规格要求。

总之,预应力钢束张拉施工时,张拉端集中力大,盖梁端部受力复杂,混凝土抗裂能力与钢筋配置及定位、混凝土浇筑质量、锚具及配件选型等均有较大关系,影响因素多,且对各因素敏感度高。

3 裂缝预防技术措施

为尽可能避免后续的盖梁钢束张拉施工过程中出现同类型裂缝,结合裂缝成因分析及结构验算结果,针对材料、盖梁配筋及施工提出以下优化措施及要求。

- (1)优化混凝土配合比,严格控制混凝土质量。建议粗骨料最大粒径小于 20 mm,以利用锚下混凝土浇筑密实。
- (2)为避免锚下钢筋过于集中,顶、底层主筋端部弯起取消,并在盖梁端部设置竖向立筋与顶、底主筋焊接形成骨架,立筋距盖梁端面 300 mm(见图7)。

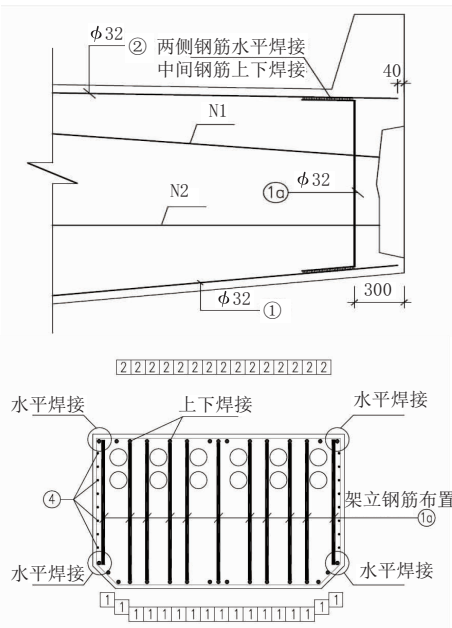


图7 盖梁顶、底主筋端部构造(单位:mm)

(3)根据《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》(JTG 3362—2018)^[2]9.4.18 条第2款:锚下总体区应配置抗横向劈裂力的闭合式箍筋,其间距不应大于 120 mm。故对盖梁端部范围箍筋加密至 100 mm。

(4)盖梁侧面水平分布筋调整端部弯钩取消,伸

出锚槽模板,以便于与锚槽钢筋连接,同时加强锚下范围盖梁侧面混凝土的承载能力。

(5)对有条件盖梁钢束,调整其横向布置:将中间钢束间距离缩小至 OVM 厂家建议值,以尽可能加大盖梁外侧边排钢束与盖梁边距离。

(6)调整钢束张拉顺序,统一先张拉内侧后张拉外侧,以延缓盖梁边排钢束的张拉时间(见图 8)。待其张拉时,混凝土强度随着时间推移进一步增强^[3]。

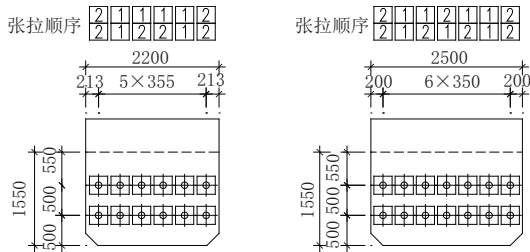


图 8 盖梁钢束张拉顺序示意(单位:mm)

4 盖梁张拉端受力分析

为进一步研究盖梁外侧边排预应力钢束的张拉对盖梁端侧面裂缝的影响,采用 Midas FEA 仿真分析软件对盖梁锚固端进行局部的三维实体受力分析。

4.1 计算模型

采用 Midas FEA 建立三维有限元模型(见图 9)。盖梁和锚垫板均采用三维实体单元模拟,通过多次网格划分进行比较后满足计算精度,拟定盖梁划分尺寸为 0.02 m,锚垫板划分尺寸为 0.01 m。其中,盖梁有限元模型由 1 027 800 个单元和 190 717 个节点组成,锚垫板有限元模型由 198 736 个单元和 41 425 个节点组成。

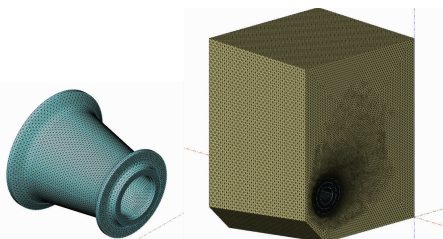


图 9 锚具和盖梁锚固端局部模型

4.2 边排钢束的外边距对盖梁受力的影响

现行常规设计中,盖梁外侧边排钢束与盖梁边距离一般根据 OVM 厂家建议值设置,预留富余量较小,在边排钢束张拉时时有发生张拉端开裂现象。为避免后续类似工程中出现同类型问题,现研究边排钢束外边距的变化对盖梁外侧面应力的影响。

计算以 OVM.M15-16 锚具的外边距(见图 10)建议值(195 mm)为基准,逐级加大,计算结果如下:

(1) $b=222.5$ mm 时盖梁外侧面应力如图 11 所示。

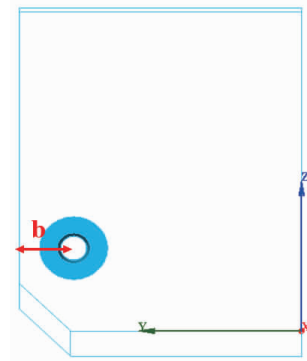


图 10 边排钢束的外边距示意图

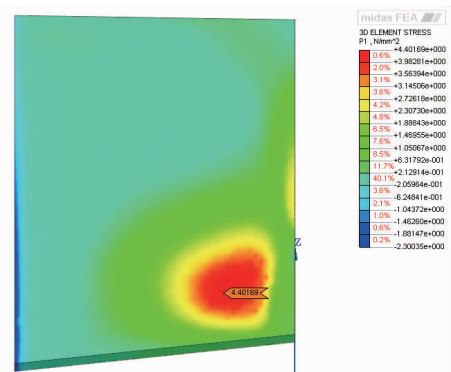


图 11 $b=222.5$ mm 时盖梁外侧面应力图

(2) $b=292.5$ mm 时盖梁外侧面应力如图 12 所示。

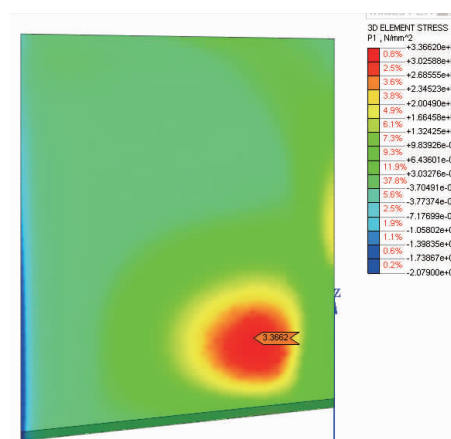


图 12 $b=292.5$ mm 时盖梁外侧面应力图

随着外侧边排钢束外边距的增大,盖梁侧面混凝土最大拉应力显著减小。当增大到 292.5 mm(195 mm 的 1.5 倍)时,盖梁侧面混凝土应力为 3.37 MPa(见图 13)。

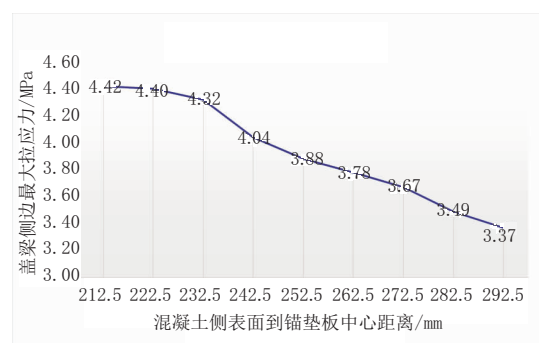


图 13 盖梁侧边距最大拉应力

为更细化确定盖梁张拉端侧面混凝土的应力情况,当边排钢束外边距 $b=292.5\text{ mm}$ (OVM 厂家建议值的 1.5 倍) 时,加入考虑普通钢筋的影响(见图 14、图 15)。

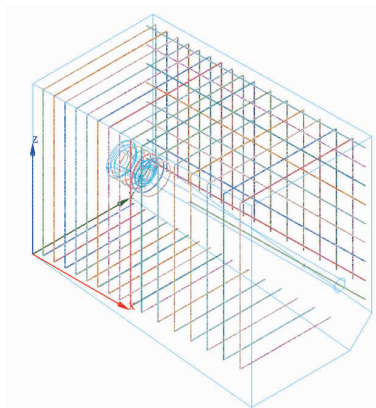


图 14 考虑箍筋和分布钢筋后盖梁计算模型

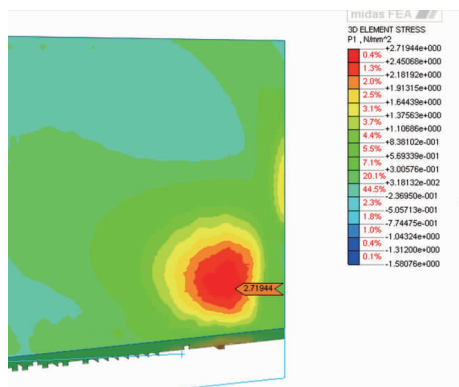


图 15 考虑普通钢筋后盖梁外侧面应力图

计算结果表明,此工况下盖梁张拉端侧面混凝土最大拉应力调整为 2.72 MPa,说明盖梁端部普通钢筋的布置能有效减少侧面混凝土拉应力。

综合可得,(1)钢束锚固端距离混凝土边缘距离越大越有利于梁端混凝土的抗裂;(2)盖梁端部普通

钢筋的布置对梁端混凝土抗裂有着重要影响。

5 结论与建议

对该工程剩余预应力盖梁的张拉施工进行了跟踪调查,结果显示盖梁张拉端均未再出现开裂现象。

为避免后续类似工程中出现同类型问题,建议细化预应力盖梁张拉端的设计细节,具体如下:

(1)建议近张拉端钢束线形设计为与盖梁端面垂直形式,以避免台阶状锚槽的开设,简化锚槽及锚下钢筋形式。

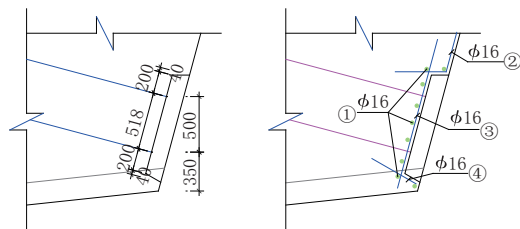


图 16 直线形锚槽示意图

(2)盖梁外侧边排钢束与盖梁边的距离根据张拉时混凝土的实际强度控制,并在 OVM 厂家建议值基础上适当加大富余量。

(3)明确盖梁主筋与张拉端锚具间的相互避让方式及主筋弯起形式,推荐按图 7 形式执行。

(4)明确锚具及锚下螺旋钢筋规格满足《公路桥梁预应力钢绞线用锚具、夹具和连接器》(JT/T 329—2010)要求。

参考文献:

- [1] 刘思维. 预应力混凝土盖梁端部裂缝成因分析[J]. 城市道桥与防洪, 2014(6): 142-144.
- [2] JTG 3362—2018, 公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范[S].
- [3] 李国平. 预应力混凝土结构设计原理[M]. 北京: 人民交通出版, 2002.

参考文献:

- [1] 马娟, 屈撑囤, 李珊, 等. 废弃泥浆无害化处理的研究与展望[J]. 辽宁化工, 2014, 43(9): 1190-1192.
- [2] 王文丽. 废弃泥浆固化技术在公路工程的应用[J]. 交通世界, 2021(7): 67-68.
- [3] 吴尚东, 陈权盛, 吴鸿, 等. 废弃泥浆的固化处理及路用性能研究[J]. 公路交通技术, 2021, 37(4): 70-75.
- [4] 周莉, 闫相明, 周星中. 应用厢式压滤机进行桩基废弃泥浆固化处理[J]. 建筑施工, 2021, 43(4): 668-670.
- [5] 韩永利. 泥浆固化处理技术在桥梁桩基施工中的应用[J]. 交通世界, 2019(23): 145-146.
- [6] GB 3838—2002, 地表水环境质量标准[S].
- [7] 平洋, 油新华, 马庆松, 等. 工程废弃泥浆快速无害化处理研究[J]. 施工技术, 2020, 49(7): 114-116.
- [8] 吴鸿. 公路工程施工废弃泥浆的无机固化处理与资源化利用技术研究[D]. 重庆: 重庆交通大学, 2021.

(上接第 185 页)

5 结 语

本文对桥梁桩基施工过程中的废泥浆压滤固化再利用处理技术做了详细阐述,项目选用 1500 型程控液压厢式压滤机对废泥浆进行处理,经过压滤机压榨,分离出的清水和泥饼分别处理回收利用,清水经处理检测合格后直接排入当地河塘,泥饼经处理检测合格后用于互通三角区内做种植土。

此技术对工程的施工质量、节能减排、成本节约、环境保护等带来了显著效果。压滤泥浆固化再处理应用前景广阔,在实际工程中的应用将得到进一步推广。