

钢抱箍在桥梁支座更换施工中的顶升应用研究

苏加强

(云南省公路科学技术研究院, 云南 昆明 650051)

摘要: 结合在圆形柱墩柱顶更换支座的过程中, 设置临时支座和顶升千斤顶空间不足, 需增设柱顶钢抱箍作为临时支座和千斤顶承重构件, 开展对钢抱箍的构造研究和应力分析, 以便同类桥梁大型钢抱箍设计和施工提供参考。

关键词: 钢抱箍; 预紧力; 桥梁支座

传统的简支桥梁顶升支架系统由分配梁、千斤顶液压系统、钢管支架及支架基础组成。主要存在的问题有: 受桥墩盖梁的受力限制, 分配梁的设置数量多, 且顶升过程中对盖梁受力影响较大; 钢管支架作为桥梁顶升过程中的临时承力构件, 往往需要额外增设支架基础, 或对既有桥梁基础进行改造处理后作为支架基础, 费用高, 尤其在软弱地基条件下基础的处置费用更高, 墩台处于河道中时常规钢管支架的设立更是困难重重。

钢抱箍是桥梁工程中常用的结构承重构件。它利用在抱箍周边紧固的高强螺栓在抱箍和被箍体之间, 产生压力和摩擦力承担竖向荷载。此构件因其耗材少、重量轻、承载能力强、安装和拆除简便、拆卸后不留痕迹, 可重复利用等优点常用于现浇盖梁施工中模板系统的承重构件, 该文主要探寻在支座更换需顶升梁体施工中的应用。

1 钢抱箍一般构造

支座更换时, 若千斤顶直接靠近圆形墩柱顶部边缘布设, 因太靠近顶部边缘, 支承面积小, 柱顶混凝土容易在强压作用下发生脆性劈裂破坏, 若发生在病害支座拆除过程中, 不仅破坏原墩柱结构完整性, 还伴生上部结构失去支承的严重问题。为安全考虑, 增设柱顶钢抱箍作为临时支座和千斤顶承重构件。

为便于安装和拆卸, 钢抱箍通常由 2~4 个弧形钢板组成整个闭合装配式圆形抱箍, 见图 1, 配合抱箍紧固, 需增设高强螺栓竖向连接板和连接板的水平加劲板; 当柱顶有现状盖梁或横系梁时, 抱箍设置于盖梁以

下, 通过外伸牛腿来承重; 当柱顶无横系梁或盖梁阻隔时, 可在柱顶设抱箍, 弧形钢板顶设环形水平支承顶板, 见图 1 的三分式和四分式抱箍, 辅以竖向加劲板, 将弧形钢板和顶部水平支承顶板焊接相连; 承载力要求较小时高强螺栓可设置一排, 有时为增大预紧力以获取更大竖向承载力, 每块竖向连接板可设双排或多排高强螺栓。同时为便于吊装, 还应在抱箍适当位置设吊耳、支承板底板(或牛腿)、竖向加劲板、高强螺栓等。通常为保证高强螺栓预紧力效果, 在高强螺栓连接板并不直接抵紧, 而是间隔 4~5 cm。

2 钢抱箍力学原理

钢抱箍通过高强螺栓对扣, 夹持圆形墩柱的主要构件, 通过预加力形成弧形钢板的拉力和对墩柱表面的压力, 在弧形钢板和墩柱混凝土表面产生强大摩擦力, 借此承担上部竖向荷载。通常将上部荷载对抱箍作用简化为竖向力和弯矩的组合作用, 见图 2。

钢抱箍受竖向压力[图 2(b)]作用下主要力学关系表述:

钢抱箍环向总拉力:

$$T = \frac{N}{2\pi} = \frac{kP}{\pi\mu} \quad (1)$$

钢抱箍内侧面总正压力:

$$N = \frac{2kP}{\mu} \quad (2)$$

抱箍与墩柱表面接触的径向压应力:

$$q = \frac{T}{rH} \quad (3)$$

抱箍环向拉应力:

收稿日期: 2019-06-18(修改稿)

作者简介: 苏加强, 男, 硕士, 教授级高工. E-mail: 130337883@qq.com

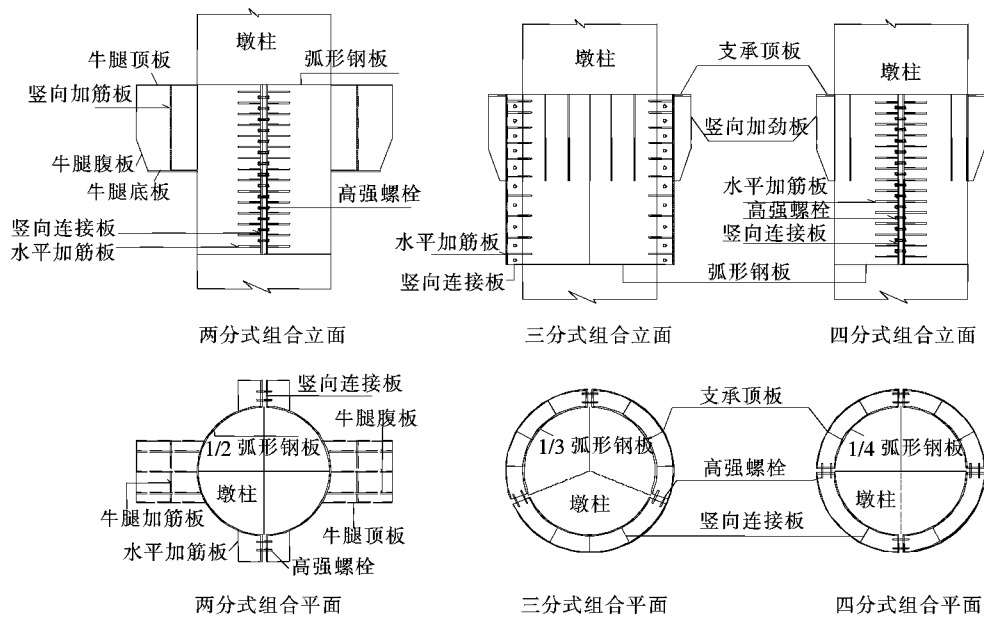


图 1 常用钢抱箍构造图

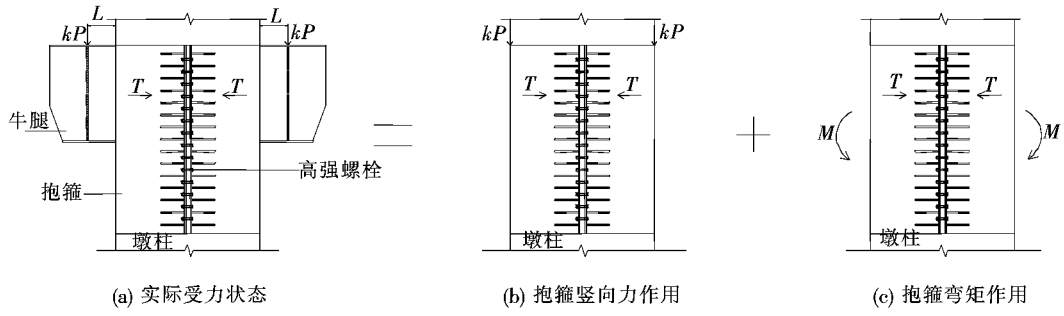


图 2 钢抱箍受力计算简图

$$\sigma = \frac{kP}{H\delta\pi\mu} \quad (4)$$

式中: k 为施工安全系数, 通常取 1.3~2.0; P 为竖向荷载; H 为钢抱箍竖向高度; δ 为钢抱箍环向钢板厚度; μ 为钢抱箍与墩柱混凝土之间的摩擦系数, 通常取 0.3。

由以上理论公式可知: 高强螺栓所需预紧力主要与传递的竖向荷载大小和摩擦系数直接相关, 而与抱箍几何尺寸无直接关联, 若需要提高钢抱箍的竖向承载力, 在既定的钢抱箍与混凝土墩柱接触条件下, 则应加大高强螺栓的预紧力。

3 工程案例

以云南省某高速公路四跨一联连续梁匝道桥为例, 单联跨径组合为 (25+35+35+25) m, 圆曲线半径 $R=200$ m, 该曲线预应力混凝土现浇梁桥因原设计支座型号承载力偏小; 施工完成后, 经设计方变更为

承载力更大的支座, 故在竣工验收前按设计要求进行支座安装工程整改。墩柱直径为 1.5 m, 更换更大型号支座, 需比原支座更大的安装空间, 临时支座放置空间不足, 综合分析后采用钢抱箍作为临时支座承重构件, 需调整的支座为整联中墩曲线内侧支座。

3.1 荷载计算

采用 Midas/Civil 软件建立整联的梁单元有限元模型, 见图 3, 采用设计公路—I 级荷载进行汽车荷载效应计算, 计算支反力见图 4、5。

经计算, 支座更换施工期间, 中墩曲线内侧支座最大支反力为 $3\,716.6+1\,427.9=5\,144.50$ kN, 则考虑安全系数 $k=1.3$ 时单个牛腿承受竖向压力为 $1.3 \times 5\,144.50/2=3\,343.93$ kN。

3.2 钢抱箍设计及强度分析

钢抱箍钢板均采用 Q345 钢, 牛腿、连接板及水平加劲板板厚 $\delta=15$ mm, 为在有限抱箍高度内多布置高强螺栓, 连接板上采用双排螺栓布置; 因相邻竖向连

接板之间预留 4 cm 间隙,在强大预紧力作用下,为防止竖向连接板向空隙方向变形,降低预紧效果,在竖向连接板和弧形抱箍之间加设多道水平加劲板;支座更换需要预留拆卸并取出原支座空间,不宜采用抱箍顶部环状水平支持顶板方案,选择设顺桥向牛腿方案,便于同步位移千斤顶和临时支承在墩柱两侧顺桥设置。钢抱箍顶升梁体更换支座方案见图 6。为防止牛腿腹板在压力作用下局部失稳,应按规范设计必要的竖向和水平加劲板。先期施拧的高强螺栓应复拧,减小临近区域螺栓施拧降低有效预紧力的不利影响。

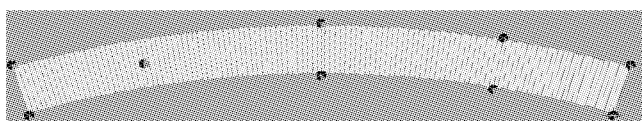


图 3 箱梁及支座布置平面图

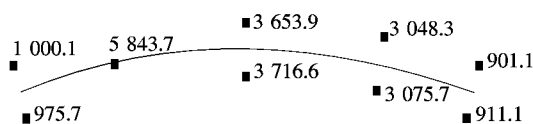


图 4 箱梁恒载支座反力(单位:kN)

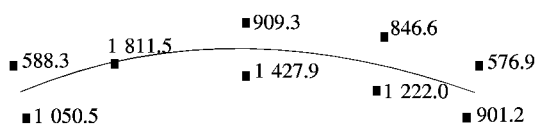


图 5 汽车荷载作用下箱梁支座反力(单位:kN)

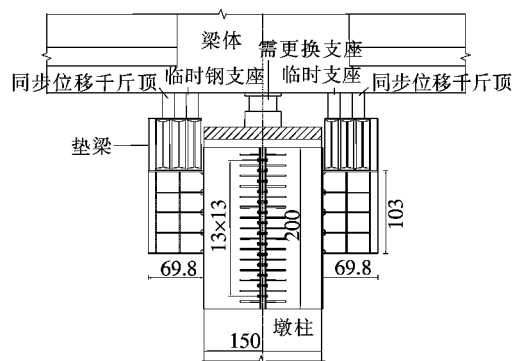


图 6 钢抱箍顶升梁体更换支座立面图(单位:cm)

由式(4)可得抱箍环向拉应力为:

$$\sigma = \frac{kP}{H\delta\pi\mu} = \frac{3\,343.93}{2\,000 \times 15 \times 3.141\,5 \times 0.3} = 118.27$$

MPa

由式(1)可得钢抱箍环向总拉力为:

$$T = \frac{N}{2\pi} = \frac{kP}{\pi\mu} = \frac{3\,343.93}{3.141\,5 \times 0.3} = 3\,548.12 \text{ kN}$$

预紧高强螺栓选择 10.9 级 M22 螺栓,单个螺栓

设计预拉力为: $N^b = 0.8 \times 190 = 152 \text{ kN}$, 单个连接板上所需螺栓个数为 $3\,548.12/152 = 23.34$, 实取 28 个。28 个螺栓对应钢抱箍环向应力:

$$\sigma = \frac{T}{A} = \frac{28 \times 152\,000}{2\,000 \times 15} = 141.86 \text{ MPa}$$

以往由于缺乏有力的分析工具,对带牛腿的圆形抱箍,弯矩对抱箍的作用常抽象为传统经典受弯梁理论公式的近似计算,但抱箍本身为弧形构件,与圆形墩柱受力应按接触力学的方法分析,接触表面有摩擦力和径向反力作用,与传统悬臂梁根部的受力模式不同,按受弯梁理论计算结果与实际情况有一定差异,该文借助有限元软件分析半圆抱箍的实际受力。

经计算,在螺栓预紧力作用下,抱箍弧形钢板拉应力并非沿抱箍均匀分布,最大环向拉应力出现在牛腿和螺栓连接板水平连线的中部, $\sigma_{\max} = 138 \text{ MPa}$, 见图 7, 接近理论值 141.86 MPa , 牛腿中部因牛腿顶部约束,实际环向拉应力较低;在牛腿竖向压力作用下,抱箍环向拉应力除与牛腿顶底板相连位置,因牛腿受弯影响出现 48 MPa 环向应力集中外,抱箍上半部分出现 $0 \sim 3.5 \text{ MPa}$ 环向拉力,抱箍下半部分出现 $0 \sim 1.9 \text{ MPa}$ 环向压力,总体而言与牛腿的拉压区分布范围一致,见图 8;但数值上仅占预应力产生环向应力的 $1.3\% \sim 2.5\%$,说明牛腿竖向压力对抱箍环向应力影响很小。故抱箍预紧螺栓数量设计时,依照式(1)计算出竖向荷载作用下的总预紧力,进而计算高强螺栓数量,并放大 10% 左右数量,可抵消竖向荷载作用下对伴生附加弯矩的影响。

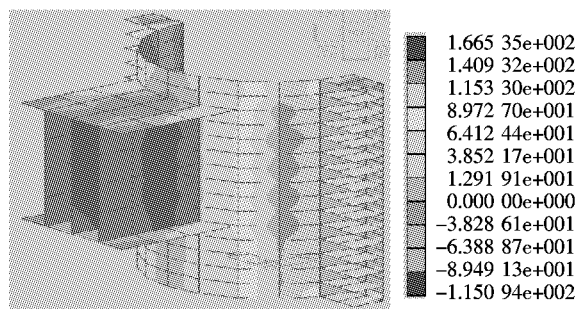


图 7 螺栓预紧力作用下抱箍环向应力(单位:MPa)

经计算,剪力分布受抱箍与墩柱摩擦力影响,剪应力分布相对均匀,其中抱箍较低剪应力区域分布在牛腿以外部分,大小为 $2 \sim 7.25 \text{ MPa}$, 相对较小,较大剪应力区域分布在牛腿区域,大小为 $7.25 \sim 41.45 \text{ MPa}$, 见图 9。选择与牛腿顶部相连位置作为受力最不利位置,根据第 4 强度理论,抱箍折算应力为:

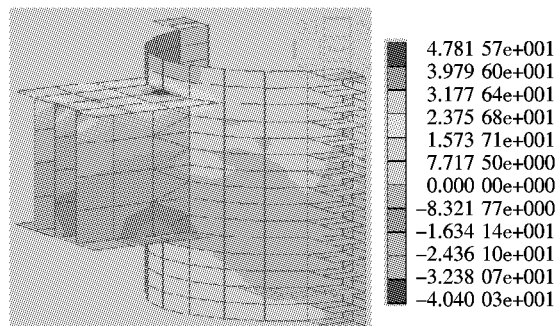


图 8 牛腿竖向压力作用下抱箍环向拉应力(单位:MPa)

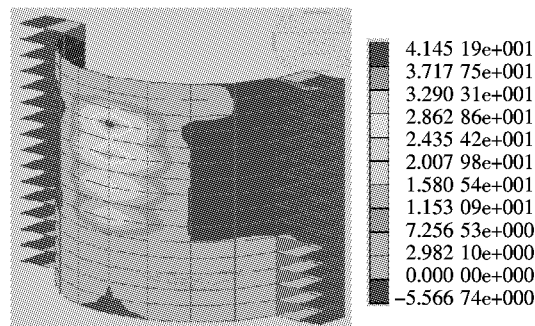


图 9 牛腿竖向压力作用下抱箍竖向剪应力(单位:MPa)

$$\sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2} = \sqrt{141.86 + 48^2 + 3 \times 41.45^2} = 202.98$$

$$\text{MPa} < 1.1f = 1.1 \times 310 = 341 \text{ MPa}$$

满足强度要求,牛腿强度分析从略。

4 结语

由该文计算分析可知:基于钢抱箍法的桥梁支座更换设计是一种经实践检验安全可靠、实用的支座更换方案。钢抱箍是利用与墩柱之间的摩擦力提供支撑力,钢抱箍与立柱之间的摩擦系数和高强螺栓的有效预紧力是影响钢抱箍承载力的关键。

钢抱箍在受力后的变形程度影响钢抱箍与立柱之间的接触程度,进而影响钢抱箍的实际承载力,必须采取有效措施确保钢抱箍变形满足要求后方可使用,而抱箍端部竖向连接板间预留 4~5 cm 间隙是施加预紧

力后,钢抱箍与立柱之间紧密接触的可靠保障。

伴随交通事业的发展,部分既有桥梁需要加以改造,当仅需提高或降低桥面高度时,对使用年限尚未达到服役年限而且运营状态较好的桥梁结构,如果按照传统方法拆除后重建,将会造成巨大资源浪费,借助钢抱箍进行竖向大位移桥梁顶升技术,可实现桥梁重复利用,既能节约资源,又能节省投资、缩短施工工期、减小交通拥堵和降低社会影响。

参考文献:

- [1] 董中亚,刘艳琛,郭雪,等.钢抱箍结构的力学分析与计算[J].水运工程,2010(6).
- [2] GB 50017—2003 钢结构设计规范[S].
- [3] 屠科彪,刘国坤,宁晓骏.温度作用对钢抱箍承载能力的影响研究[J].中外公路,2016(5).

投稿须知

1. 征稿范围:国内外公路概况;国外公路考察见闻;公路路线设计;路基路面工程;桥梁与隧道工程;材料试验与应用;交通工程与管理;公路景观与环保等。

2. 稿件要求:① 请提供 word 文档。文稿以 6 000 字左右为佳;② 投寄本刊的稿件,直接发至 E-mail: zhong-waigonglu@163.com(本刊唯一投稿邮箱),本刊审稿周期 1~2 个月。若被采用,本刊将 E-mail 通知作者。3 个月未收到通知,作者可另行处理。请勿一稿多投,否则后果自负;③ 题目应简洁明晰,字数不能多于 20 个中文字;④ 作者单位必须注明邮政编码。第一作者须注明出生年、性别、学历、职称、研究方向、电子信箱和联系电话;⑤ 摘要、关键词。摘要请务必按“研究目的、方法、结果、结论”四要素写。关键词:3~8 个;⑥ 基金项目必须写明基金项目名称和编号;⑦ 图表。图表要与文中相对应,(示例:***如表 1 所示)。图表要有图名和表名。除照片外,其余图均需提供 excel 或 origin 或 cad 源文件。表格采用三线表。所有图、表中的字体为小 5 号或 6 号;⑧ 文后必须要有参考文献。参考文献参考格式如下:[1]期刊:作者姓名(列三位,等(姓在前,名在后)),文章题目[J].刊名,出版年份(期);[2]专著:作者姓名(列三位,等),专著名称[M].版本(第一版不标注),出版地:出版单位,出版年;[3]论文集:作者姓名(列三位,等),题名[C].论文集名,出版年;[4]学位论文:作者姓名,题名[D].单位[硕士(博士)学位论文],年份;[5]专利:专利申请号(列三位,等),题名:国别,专利号[P].公告日期或公开日期[引用日期];[6]技术标准:标准代号 标准名称[S].

《中外公路》杂志社