

## 大直径钢绞线横向预应力体系设计与实桥应用研究

李波, 韩福洲

(中设设计集团股份有限公司, 江苏 南京 210014)

**摘要:** 在某大跨变截面连续箱梁桥横向预应力体系设计中, 采用单根大直径钢绞线横向预应力体系代替常见  $3-\phi^{*}15.2$  扁锚体系, 研究新型单根大直径横向预应力钢绞线体系实桥应用的可行性。提出了新型横向预应力体系的主要设计参数, 如设置间距、钢绞线直径、波纹管内容等; 实桥应用表明: 单根大直径钢绞线横向预应力体系现场实施放样简单, 张拉方便, 可操作性强, 施加预应力效果良好, 能够代替常规  $3-5\phi^{*}15.2$  扁锚体系。

**关键词:** PC 箱梁; 横向预应力; 大直径钢绞线; 设计参数; 实桥应用

## 1 引言

$3-5\phi^{*}15.2$  扁锚横向预应力体系由于占用顶板尺寸较少(常见波纹管高度为 19 mm), 截面削弱度低, 在箱梁桥横向预应力体系中通常为设计者所采用。但一般来说, 该体系又具有以下几方面缺点: ① 由于其钢绞线短, 传力锚固时夹片回缩引起的预应力损失大; ② 钢绞线在锚头处存在弯折, 锚口摩阻损失大, 在设计中难以准确考虑; ③ 扁锚体系波纹管高度仅为 19 mm, 钢绞线公称直径已达 15.24 mm, 实际孔道摩阻损失较大, 且压浆不易密实等。

采用大直径、强度等级更高的钢绞线代替目前大量使用的  $\phi^{*}15.2$  钢绞线, 能够节约钢材, 并且可以减小每束预应力钢绞线的根数, 这样既方便了钢绞线的穿束, 又容易把控施工质量, 提高施工效率。因此从减小钢绞线的根数, 免除使用扁锚, 减小锚口预应力损失的角度出发, 建议研究一种新型单根大直径钢绞线作为横向预应力体系来替代扁锚体系, 相应实体模型试

验在文献[4]中进行了详细论证。该文首先对单根大直径钢绞线横向预应力体系进行设计, 确定主要构造参数; 其次, 在实桥上对该新型横向预应力体系进行应用研究, 验证规模应用的可行性。

## 2 工程概况

依托桥梁上部结构采用悬浇变截面连续箱梁, 跨径布置为  $(35+60+40)$  m, 截面形式为单箱单室, 箱梁全宽 13.65 m, 主桥箱梁顶板厚为 0.28 m, 底板厚度按二次抛物线, 由跨中的 0.3 m 变化至距  $0^{\#}$  块中心线 3.0 m 处的 0.6 m。箱梁腹板厚度:  $1^{\#}\sim3^{\#}$  梁段采用 0.75 m,  $5^{\#}\sim6^{\#}$  梁段采用 0.45 m,  $4^{\#}$  梁段由 0.75 m 直线渐变到 0.45 m。箱梁采用纵、横、竖三向预应力体系。主桥连续箱梁采用挂篮悬臂浇筑法施工, 各单“T”箱梁除  $0^{\#}$  块采用在支架上现浇外, 其余分为 6 对梁段, 均采用对称平衡悬臂逐段浇筑法施工。箱梁纵向悬浇分段长度为  $(1\times3.5+5\times4.0)$  m。桥梁纵断面图及箱梁典型横断面图分别见图 1、2。

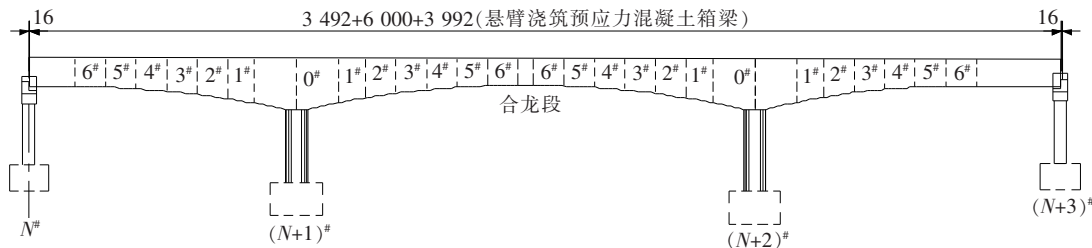


图1 依托桥梁纵断面图(单位:cm)



体系和大直径钢绞线体系有效预压应力效应进行计算,结果如表 2 所示。由表 2 可知:采用  $\phi^s21.8$  大直径钢绞线,当设置间距为 0.4 m 时,预压应力水平较扁锚体系略高。因此,依托桥梁设计采用间距为 0.4 m。

(6) 对比结果

对单根大直径体系与扁锚体系从截面面积、布置间距、摩阻损失等多个方面进行对比总结如表 3 所示,由表 3 可以看出:单根大直径体系代替常规扁锚体系具有

可行性。

表 2 扁锚体系与大直径钢绞线体系作用效应对比

体系类型		公称截面 面积/mm <sup>2</sup>	布置间 距/m	顶板下缘中 点应力/MPa
扁锚体系	3— $\phi^s15.2$	420	0.5	—4.421
	4— $\phi^s15.2$	560	0.5	—5.382
大直径体系	$\phi^s21.8$	318	0.4	—4.606
	$\phi^s28.6$	546	0.4	—6.530

表 3 大直径钢绞线体系与扁锚体系对比结果

对比项目	公称截面 面积/ mm <sup>2</sup>	纵向布 置间 距/m	布束 线形	单位桥长横 向预应力面 积/mm <sup>2</sup>	钢材用量/ (kg· m <sup>-1</sup> )	波纹管尺 寸/(mm ×mm)	锚口摩 阻损失	有效预 应力/ MPa	压浆难 易程度
扁锚体系 (3— $\phi^s15.2$ )	3×140 =420	0.5 (常见)	折线 (常用)	840	112.18	60×19 (1 140*)	较大	1 048.8	较难
大直径单孔体 系(1— $\phi^s21.8$ )	318(1 $\phi6+$ 9 $\phi4+9\phi5$ )	0.4 (推荐)	直线 (推荐)	795	105.86	内径 30 (707*)	较小	1 103.8	较易

注: \* 括号内数据为面积(m<sup>2</sup>)。

4 实桥应用研究

在论证设计方案可行性和等比例模型试验验证之后,在依托桥梁工程项目中全面应用了单根大直径钢绞线横向预应力体系,以论证规模应用的可行性。

4.1 实施过程

对单根大直径钢绞线横向预应力体系实施过程进行了跟踪调查,从钢绞线穿束、锚具安装、张拉、灌浆全过程进行了跟踪观测。现场一线工人反馈该体系穿束方便,张拉较原扁锚体系简单,但由于间距 40 cm 一道,张拉数量增加,实际工作量并未有效减少。因此,后期大直径钢绞线横向预应力体系应用可以进一步拓宽思路,研究更大直径钢绞线应用的可能性,降低钢绞线根数,并增加预压应力。实桥大直径钢绞线横向预应力主要施工工序流程图见图 5。

4.2 测试结果

在横向预应力钢束张拉前后,分别测取对应工况预埋振弦式传感器(图 6)应变值,实现对混凝土压应力的监测,跟踪新型预应力体系的实际作用效果,具体测试数据如表 4 所示,由表 4 可以看出:大直径钢绞线横向预应力体系与理论计算值基本吻合,预压效果良好。

5 结论与展望

(1) 在混凝土箱梁横向预应力设计中采用单根大直径钢绞线预应力体系具有较强的可行性,钢绞线可选用  $\phi^s21.8$  或  $\phi^s28.6$  型钢绞线,配套波纹管内径可根据顶板空间情况选择  $\phi30$  或  $\phi50$  mm 内径波纹管。



图 5 大直径横向预应力钢束施工过程图片

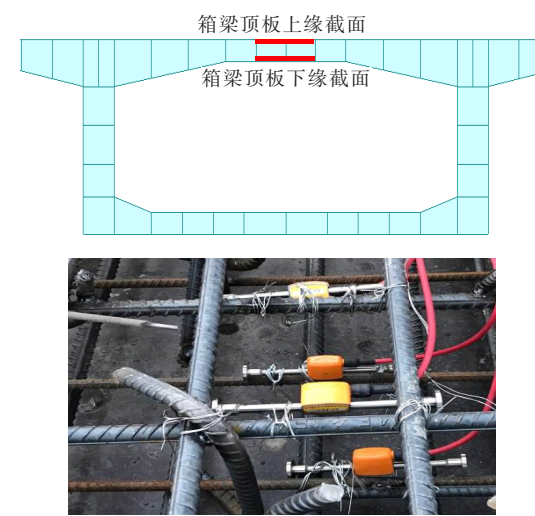


图 6 顶板预压应力监测区域及传感器图示

(2) 设计时以预压应力水平作为选择大直径钢绞线布置间距的主要指标,1- $\phi^s$ 21.8(间距 0.4 m)大直径钢绞线体系与常见 3- $\phi^s$ 15.2(间距 0.5 m)扁锚体系预压应力水平基本相当,设计时可结合计算情况进行进一步优化调整。

(3) 单根大直径钢绞线横向预应力体系现场实施放样简单,张拉方便,现场实施可操作性强;实测预压应力水平与理论值偏差较小,预应力施加效果良好。

(4) 当前大直径钢绞线在矿山、大型构筑物等领域使用较多,在桥梁专业应用较少,还需进一步研究大直径钢绞线在桥梁工程中的深度应用,如大直径钢绞线预应力体系在纵向预应力体系中的应用,以减少施工过程中过多穿束、张拉带来的不便,提高施工效率,改善结构受力。

表 4 单根大直径钢绞线体系预压应力测试结果

测点位置	测点应力增量/MPa				累积应力 增量/MPa	理论值/ MPa
	右幅 2 <sup>#</sup> 块 张拉	右幅 3 <sup>#</sup> 块 张拉	右幅 4 <sup>#</sup> 块 张拉	右幅 5 <sup>#</sup> 块 张拉		
上缘 1	-0.47	-1.63	-0.61	—	-2.71	-2.40
上缘 2	-0.52	-1.34	-0.42	—	-2.28	-2.40
下缘 1	-0.91	-3.09	-1.20	—	-5.20	-4.50
下缘 2	-1.10	-2.32	-1.10	—	-4.52	-4.50
上缘 3	—	-0.53	-1.65	-0.63	-2.81	-2.40
上缘 4	—	-0.45	-1.51	-0.58	-2.54	-2.40
下缘 3	—	-0.87	-2.91	-1.03	-4.81	-4.50
下缘 4	—	-0.73	-2.71	-0.87	-4.31	-4.50

注:应力增量主要是考虑各张拉节段横向预应力效应的叠加作用,更准确获得预压应力。

参考文献:

[1] 章世祥,李波.悬臂浇筑预应力混凝土连续箱梁纵向裂缝成因及预防技术研究报告[R],2014.

[2] 杨欧峰,端茂军.预应力混凝土连续梁桥管道摩阻试验研究及参数分析[J].中外公路,2016(4).

[3] 任靖豪.大直径高强钢绞线预应力混凝土梁受力性能试验研究[D].东北林业大学硕士学位论文,2017.

[4] 贾鹏.大直径钢绞线横向预应力试验研究[J].公路,2017

(12).

[5] 竹崎真一,萱嶋誠,村田勤.太径ストランドの実用化に関する研究[R],2007.

[6] GB/T 31314-2014 多丝大直径高强度低松弛预应力钢绞线[S].

[7] 苏强.大直径钢绞线用锚具及张拉千斤顶的研制与试验[J].OVM 通讯,1999(5).

[8] JTG T F50-2011 公路桥涵施工技术规范[S].