

现浇箱梁支架类型的合理性分析

陈万明

甘肃路桥建设集团有限公司

摘要：随着我国交通设施的快速发展，修建桥梁的支架类型多样化，依据安全、经济、地理位置现浇箱梁施工选择合理的支架类型的突的尤为为重要。本文主要从经济方面分析组合支架和碗扣架的合理性，介绍一种墩高和材料周转次数对支架经济性的影响，得出当周转次数大于5次，墩高大于22.24米时，选用组合支架更加合理。根据计算分析，为支架经济性分析提供一个简单计算方法，为类似支架经济性计算提供参考。

关键词：组合支架；合理性；经济性

一、工程概况

近年来，我国社会、科技技术进一步蓬勃发展，交通设施的需求量不断增长，尤其在一些大型、特大型桥梁及互通立交表现的尤为突出，在桥梁修建过程中，依据安全、经济、地理位置现浇箱梁施工选择合理的支架类型的凸的尤为为重要。

目前，我国现常用的支架类型有满堂支架和组合支架，满堂支架包括碗扣式支架和盘扣式支架，碗扣式脚手架是目前最常用的一种支架类型，盘扣架在碗扣架的基础上改进，增加了斜向支撑，从而使得支架更加安全可靠，是目前最新的支架形式。组合支架形式很多，如钢管柱+工字钢形式、钢管柱+贝雷梁（考虑到方便支架拆除和纵横坡调整，该结构被淘汰）、钢管柱+贝雷梁+碗扣架、钢管柱+贝雷梁+盘扣架等形式。

静庄高速公路南湖互通立交桥位于南庄镇境内，互通范围内地形陡峭，高差大，主线两次跨越庄浪河。互通内共设跨线桥6座，其中主线桥2座（石峡大桥和庄浪河大桥），匝道桥4座（A、B、C、E匝道）。其中匝道桥，庄浪河大桥左幅第

一、二联，右幅第二、三联，石峡大桥左幅第一、二联、右幅第二、三、四联为现浇混凝土箱梁，共17联64跨。本文主要以石峡大桥右幅第三联为例分析支架类型选择的合理性。该联为4×25m预应力钢筋混凝土现浇箱梁，箱梁为单箱四室，桥面宽16.75米，墩柱为柱式墩，平均墩高23米。

该互通区现浇箱梁经过安全、经济、施工条件综合考虑选用组合支架形式，即钢管柱+贝雷片+碗扣架。

安全方面：一是现浇箱梁高度大多都在20~25m之间，净空高度太高，采用碗扣架搭设体积太大，碗扣架控制节点太多，不便于控制；而钢管支架主要考虑钢管的竖直度和支撑与钢管的连接，容易控制。二是互通区位于庄浪河河道，采用碗扣架，基础受水的影响，容易发生沉淀，而采用条形基础，将基础挖至岩石层，方便施工。

施工条件：一是南湖互通立交桥横穿南阳公路、庄浪河、乡道，这样就需要设置门洞，保证交通，而设置门洞最好的支架结构形式为组合支架；二是河道大面积处理基础困难，而采用的条形基础，水流从条形基础中间流过，保证组合支架质量。

本文主要从经济方面分析支架选择的合理性。

二、支架类型选择的优化

（一）支架设计

石峡大桥右幅第三联现浇梁支架选用钢管柱+贝雷片+碗扣架。钢管柱采用Φ478×12mm螺旋管，螺旋管加工成6米长的标准节，节与节之间采用直径70cm、厚15mm的法兰盘连接，钢管柱间采用18#工字钢焊接纵向剪刀撑，增强其稳定性。钢管



图1 常见的支架形式

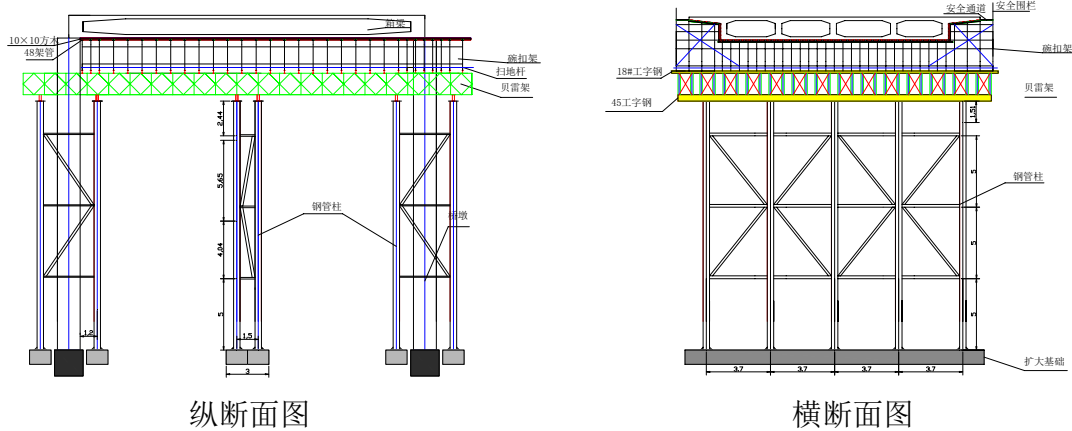


图2 25m预应力混凝土现浇箱梁支架结构形式
(石峡大桥右幅第三联第二跨) (单位: m)

表2 石峡大桥右幅第三联所用材料表

| | | | | | | | |
|----|-----|------|------|-----|---------|----------|-------|
| 材料 | 碗扣架 | 钢管 | 顶托 | 贝雷片 | 工字钢（横梁） | 工字钢（剪刀撑） | 螺旋管 |
| 性质 | 租赁 | 租赁 | 租赁 | 租赁 | 自购 | 自购 | 自购 |
| 数量 | 147 | 57.6 | 2976 | 840 | 119 | 66 | 165.5 |

柱上面选用双拼45#工字钢作为主横梁，横梁上面铺设28排贝雷片，贝雷片上铺设20#工字钢，为碗扣架提供支撑。

(二) 基本假设

互通区现浇梁断面结构形式变化多样，墩高高低不一，情况复杂，支架类型的经济性分析难以统一标准，为了更加合理的分析支架类型的经济性，做如下假设：

(1) 互通区所有区域施工条件相同，即地形平坦满足满堂支架施工条件，也满足组合支架施工；

(2) 组合支架和满堂支架在墩高25米以下安全系数相同；

(3) 互通区每一联材料的周转全部被利用且没有损坏和丢失；

(4) 支架搭设费用与钢管柱安装费用相同，则不考虑安装费，只考虑钢管柱加工费。

(三) 支架经济性计算

由于该桥现浇梁支架施工周期长，则选用自己购买螺旋管（5100元/吨），现场加工（200元/吨），这样加工成成品钢管柱单价为5300元，施工结束后钢管柱市场剩余价值至少为70%。如果选择租赁，初步计划施工工期为12个月，现市场钢管柱租赁费为9元/（天吨）则每吨钢管租赁费为12×30×9=3240元，远大于自己购买的费用，这样也不考虑损坏、丢失的费用，因此经过考虑钢管柱选择购买的方式。经过项目部一年来经过询价的方式取得各种材料的单价如表1所示。

表1 各材料单价表

| 材料名称 | 规格 | 性质 | 单位 | 单价 |
|------|------|----|------|------|
| 碗扣架 | - | 租赁 | 元/吨天 | 3.8 |
| 钢管 | 48 | 租赁 | 元/吨天 | 3.2 |
| 顶托 | | 租赁 | 元/个天 | 0.04 |
| 贝雷片 | 321型 | 租赁 | 元/片天 | 3.06 |
| 工字钢 | - | 自购 | 元/吨 | 4800 |
| 螺旋管 | 478 | 自购 | 元/吨 | 5100 |

该联支架总高为23米，其中钢管柱高度为18米、主横梁+贝雷片+次横梁高度为2米，碗扣架高度为3米。由于工字钢（剪刀撑）被重复利用焊接、切割，剩余价值为40%，而工字钢（横梁）作为横梁，重复利用后还可保留完整，则剩余价值可达60%。该联材料统计计算如表2所示，根据现场实际情况得单位组合支架费用计算公式（1），则石峡大桥右幅第三联支架总费用为88.8万元（没考虑重复利用的价值）。若该联全部选用碗扣架施工，则单位碗扣架费用计算公式（2），总费用34.9万元。

$$e_z = \frac{(165.5 \times L \times 30\% + 66 \times G_1 \times 60\%)}{h_1} + \frac{(57.6 \times G_3 + 147 \times W) \times t}{h_2} + 119 \times G_2 \times 40\% + (2976 \times D + 840 \times B) \times t \quad (1)$$

$$e_m = \left(\frac{(57.6 \times G_3 + 147 \times W)}{h_2} \times h + 2976 \times D \right) \times t \quad (2)$$

其中：e：每米螺旋管支架的费用；
h：支架总高度高度，即h=h₁+h₂+2；
h₁：螺旋管高度；

h₂：碗扣架高度，即3m；

L：螺旋管单价，包括加工费；

G₁：工字钢（剪刀撑）单价；

G₂：工字钢（横梁）单价；

G₃：钢管租赁价；

D：顶托租赁价；

B：贝雷片租赁价；

t：每联支架施工工期，即60天；

$$E_z = (165.5 \times L \times 30\% + 66 \times G_1 \times 60\%) + (57.6 \times G_3 + 147 \times W) \times t + 119 \times G_2 \times 40\% + (2976 \times D + 840 \times B) \times t = 88.8 \text{万元}$$

$$E_m = \left(\frac{(57.6 \times G_3 + 147 \times W)}{h_2} \times h + 2976 \times D \right) \times t = 34.9 \text{万元}$$

(四) 支架合理性优化

根据上文计算可以看出，如果现浇梁只有一联，则选择碗扣架是最合理、最经济的，但随着社会的快速发展，为了交通合理性和桥梁美观，互通区立交桥多样化、形式复杂化，现浇梁需求量不断增加。这就随着支架周转次数的增加，分析支架经济性分析就突显的优为重要。本文主要从周转次数和螺旋管高度分析支架的合理性。假设墩高为h，周转次数为n，每联施工工期为60天，则用钢管柱支架费用减去碗扣架费用得公式（3），从而分析支架的合理性。

$$E = 10.25 + 2.52h + 19.88n - 1.49hn \quad (3)$$

$$E_n = 68.21 - 14.39 \times n \quad (4)$$

$$E_h = 109.65 - 4.93h \quad (5)$$

首先以石峡大桥右幅第三联墩高为例，分析周转次数对支架费用的影响，得公式（4），可以看出支架合理差价是关于周转次数的一元一次方程，计算不难得出当n等于4.74时，选用组合支架和碗口支架价格相同，当周转次数大于等于5次时，选用组合支架更加经济。当周转次数为5时，得公式（5），即当墩高高于22.24米时，选用组合支架合理。

三、结束语

(1) 我国桥梁结构多样化，现浇箱梁支架形式也随之多样化，现支架结构形式主要有满堂支架和组合支架两大类，满堂支架中碗扣架最经济，而盘扣架最安全；组合支架中现最常用、最合理的为钢管柱+贝雷片+碗扣架。

(2) 根据安全、经济、地形条件综合分析，该互通立交桥选用组合支架更加合理，不仅节省了成本，安全也得到了保证，最主要的是地形条件限制，需设置门洞。

(3) 假设所有现浇箱梁地形条件相同，即满足组合支架施工，也满足碗扣架施工，同时两种支架安全性相同，分析两种支架的经济性，得出当周转次数大于5次，墩高高于22.24米时，选用组合支架更加合理。

参考文献

[1] 苏伟业. 高墩柱道岔拼装式钢管柱贝雷梁支架施工技术[J]. 铁道建筑技术, 2017(07).
[2] 苏加强. 钢管柱支架应用于高墩盖梁更换技术研究[J]. 公路交通技术(应用技术版), 2018(04): 272-274.
[3] 王明栋. 钢管柱贝雷梁支架法现浇连续箱梁施工方案[J]. 山西建筑, 2017(02), 43(6): 212-214.
[4] 王雪. 连续支架承载力验算与施工[J]. 洛阳理工学院学报(自然科学版), 2018(06), 28(2).
[5] 阮泽莲. 超高钢管柱支架受力分析及稳定性研究[D]. 硕士学位论文. 重庆: 重庆交通大学, 2015.