

关于优化大跨度连续梁支架体系的探讨研究

贾连刚

中铁六局集团北京铁路建设有限公司, 北京 100000

[摘要] 高速铁路大跨度连续梁 0#块高度较高, 重量较大, 大多采用支架现浇的形式。文章结合新建福厦铁路东孚特大桥 (70+125+70) m 连续梁的实际情况, 针对大跨度连续梁 0#块支架体系既有常规方案进行合理优化, 把墩外临时固结钢管混凝土支墩与支架钢管柱巧妙结合, 通过 Midas 程序整体建立模型, 对优化后的支架体系进行检算, 同时简述实际施工情况。实践证明优化后的支架体系具有节省材料、提高功效等优点, 对今后大跨度连续梁支架体系施工具有一定指导意义。

[关键词] 大跨度连续梁; 0#块施工; 支架现浇; 方案优化

DOI: 10.33142/ec.v3i3.1596

中图分类号: U445.4

文献标识码: A

Research on Optimizing Long-span Continuous Beam Support System

JIA Liangang

Beijing Railway Engineering Corporation, Beijing, 100000, China

Abstract: The high-speed railway large-span continuous beam 0 # block has a high height and a large weight, and most of them adopt a cast-in-place support form. Based on the actual situation of the (70 + 125 + 70) m continuous beam of the newly built Dongfu Super Bridge on the Fuzhou-Xiamen Railway, the article rationally optimizes the existing conventional schemes of the large-span continuous beam 0 # block support system. In this paper, the temporary consolidated concrete-filled steel tube buttress outside the pier is cleverly combined with the support steel tube column, and the overall model is established by Midas program to check and calculate the optimized support system. At the same time, the actual construction situation is briefly described. The practice shows that the optimized support system has the advantages of saving materials and improving efficiency, which has certain guiding significance for the construction of long-span continuous beam support system in the future.

Keywords: long-span continuous beam; 0 # block construction; cast-in-place support; scheme optimization

随着交通强国理念的快速推动, 中国高铁建设正大规模涌现, 在跨路、跨河时一般采用大跨度连续梁一跨而过。大跨度连续梁的施工周期较长, 成为制约桥梁工期的关键, 使用挂篮悬浇法施工时, 需要在 0#块上拼装挂篮。大跨度连续梁 0#块高度较高、体积较大, 最常使用钢管柱加型钢支架体系施工。在节约型社会的前提下, 为了打造“精品工程、智能工程”, 本文结合现场实际情况, 通过支架体系的合理优化, 对既有常规方案进行了调整, 为后续相似工程施工提供参考。

1 工程概况

1.1 桥梁概述

新建福州至厦门铁路东孚特大桥 8#-11#墩为 (70+125+70) m 连续梁, 上跨 G324 国道, 梁体为单箱单室、变高度、变截面结构, 梁体全长 266.5m, 0#块长 9m, 1#块长 3m, 梁顶宽为 12.6m, 梁底宽为 7m, 中支点处梁高为 9.4m。梁高按圆曲线变化, 底板下缘圆曲线半径 $R=467.125\text{m}$, 底板上缘圆曲线半径 $R=551.323\text{m}$ 。连续梁主墩均采用钻孔桩基础, 桩径均为 2.0m, 桩长分别为 45m、21m, 承台平面尺寸为 11.8m×16.1m, 高度为 5m, 墩身均为圆端形实体墩, 9#墩高为 10m, 10#墩高为 12m。

1.2 工程地质

桥址区上覆土层主要为素填土, 第四系上为粉质黏土、粗砂; 下伏基岩主要为上侏罗统喷出凝灰熔岩, 燕山晚期侵入花岗岩。连续梁主墩承台所在位置岩层自上而下分别为 4m 厚黏性土和碎石块, 10m 厚粉质黏土、地基承载力为 180Kpa, 6m 厚粗砂、地基承载力为 250Kpa, 地基承载力较低, 地质条件较差。

2 既有常规支架方案

2.1 既有常规支架组成

由于受墩外临时固结钢管柱的影响，0#块上无法安装挂篮，因此1#块也需要采用支架现浇的方式施工。

支架主要结构为：

支架体系由钢管柱、横梁、纵梁及三角形分配梁组成。详细见图1和图2。

①钢管柱：采用直径 $\Phi 630\text{mm}$ ，壁厚10mm钢管，每根长11m，横桥向布置5根，墩身前后两侧各布置2排，共20根。底部分别与承台和条形基础上预埋法兰盘使用高强螺栓连接，钢管柱之间横向、纵向均采用14#槽钢连接。

②横梁：采用双I45b型工字钢，每根长14m，共4根。

③纵梁：采用I36a型工字钢，每根长5m，共39根。

④三角形分配梁：由I18a型工字钢、I20型工字钢和14a型槽钢组焊而成。

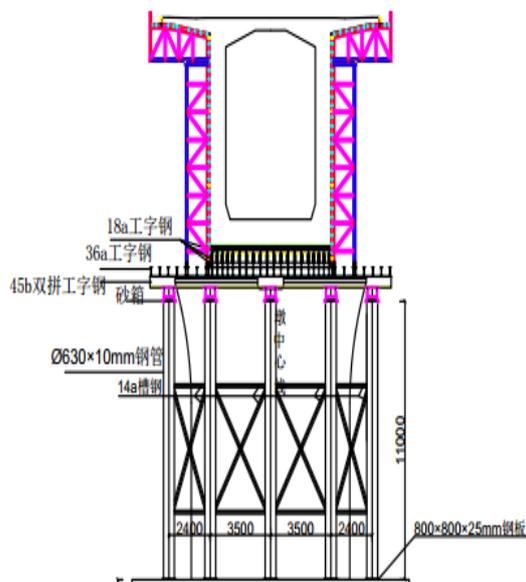


图1 既有常规支架正面图

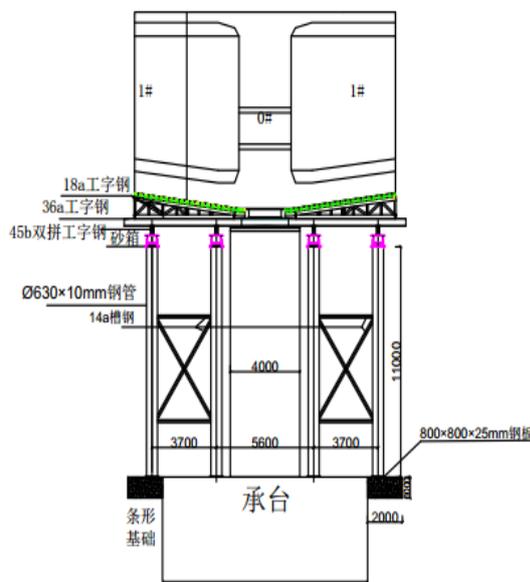


图2 既有常规支架侧面图

2.2 既有常规方案分析

根据图1和图2得知，既有常规支架体系存在以下缺点：

①最外侧钢管柱设置在承台外，位于承台基坑开挖回填位置，地基承载力较差，需进行换填处理后施做条形基础。

②钢管柱布置较多，安装、拆卸费时费力，施工功效较低，且增加成本。

③三角形分配梁与墩外临时固结支墩交叉处，需要特别处理，无法统一尺寸加工制作，增加施工难度。

3 优化后支架方案

3.1 优化后方案组成

根据图纸要求，连续梁采用墩外临时固结的方式。因此可以利用临时固结支墩作为0#块、1#块现浇支架的支撑。

支架主要结构为：

①支架钢管：墩身前后侧各布置2根 $720 \times 14\text{mm}$ 钢管和2根 $1400 \times 18\text{mm}$ 钢管，共8根，均设置在承台上，钢管柱之间横向、纵向连接采用 $400 \times 8\text{mm}$ 钢管。

②横梁：前横梁采用双拼56b工字钢，后横梁采用双拼40b工字钢，各2根。

③纵梁：采用双拼36b槽钢，共6根。

④分配梁：采用双拼25b槽钢，共22根。

⑤调坡架：采用 $\Phi 48\text{mm} \times 3.5\text{mm}$ 壁厚钢管、标准扣件及优质顶托组成。

具体构造见图3和图4。

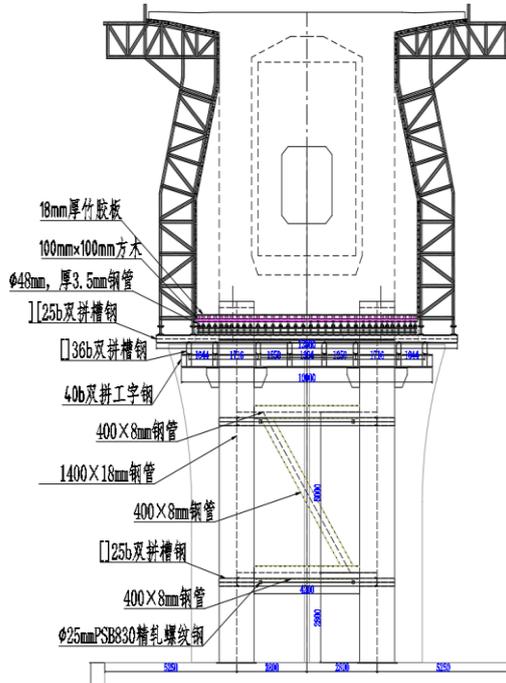


图3 优化支架正面图

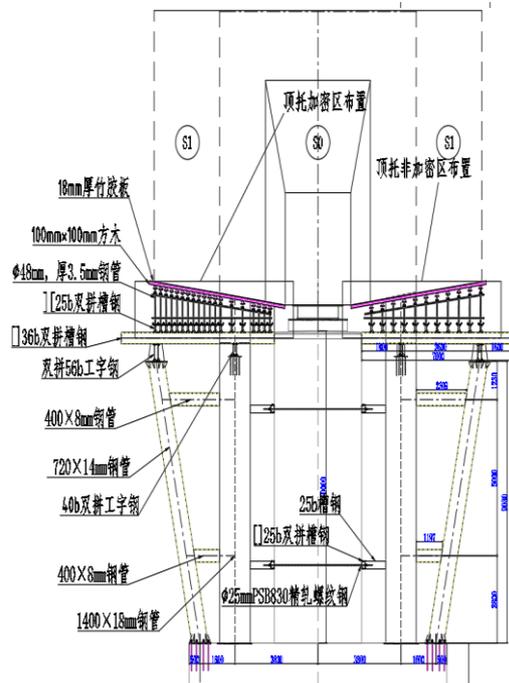


图4 优化支架侧面图

3.2 优化后支架检算

3.2.1 整体建模

支架检算采用有限元软件 Midas 进行整体建模分析。

支架结构整体计算模型见图5。

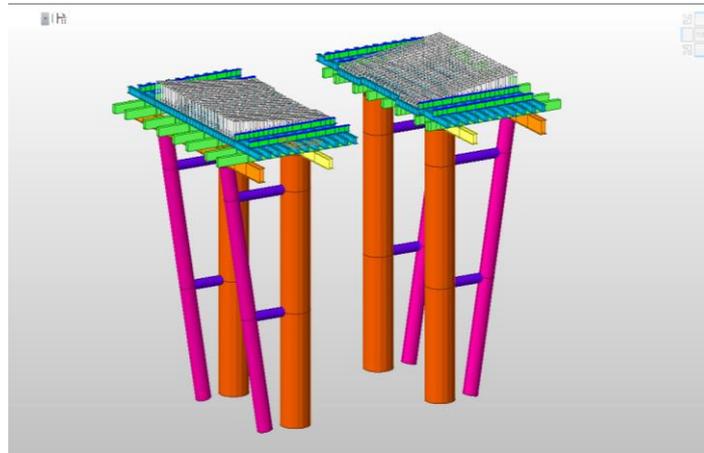


图5 支架结构整体计算模型

3.2.2 荷载计算

- ①钢筋混凝土：26.5kN/m³。
- ②底模模板：1kN/m²，侧模模板：4kN/m²。
- ③施工人员：均布荷载 2.5kN/m²。
- ④振捣混凝土时产生的荷载：对水平模板按 2kN/m²。
- ⑤浇筑时混凝土的冲击荷载：2kN/m²。

3.2.3 计算组合

- ①强度组合：1.2 永久荷载+1.4 可变荷载
- ②刚度组合：1.0 永久荷载+1.0 可变荷载

3.2.4 杆件验算结果

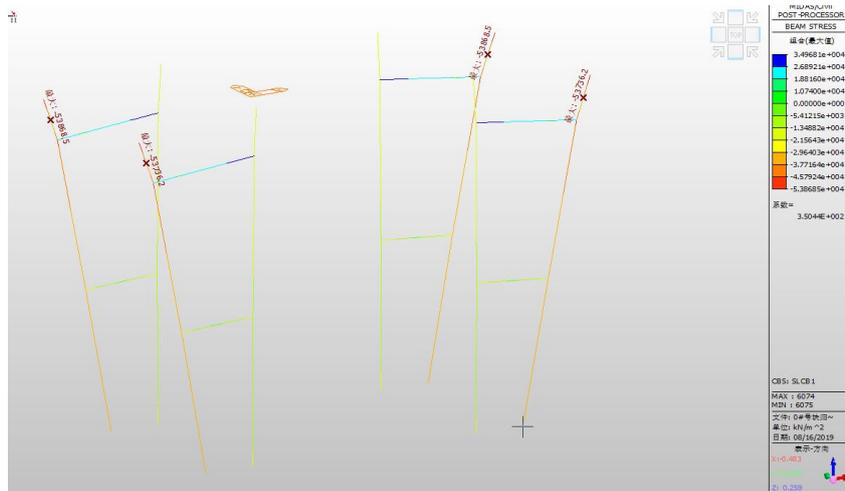


图 6 钢管柱组合应力计算 (53.86MPa<215 MPa)

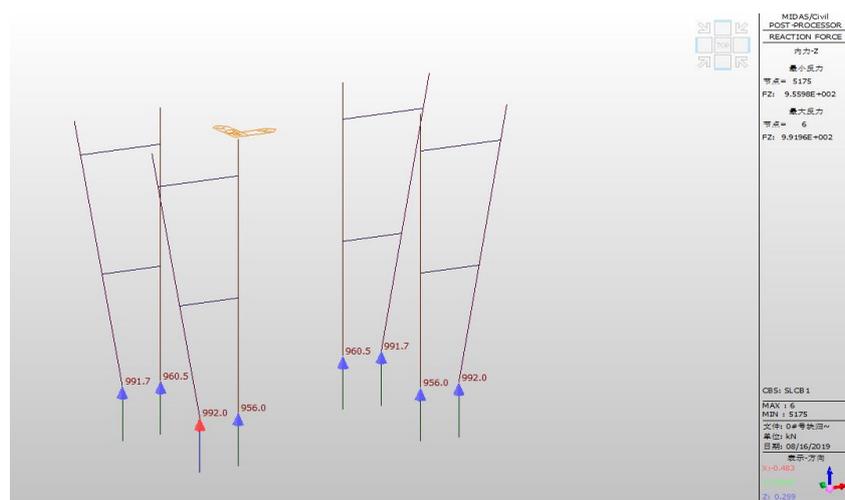


图 7 钢管柱最大支反力 (992.0MPa)

由图 6 可知：钢管柱所受最大应力为：53.86MPa<215Mpa(Q235 钢材设计强度容许值)，满足强度要求。

由图 7 可知：钢管柱体系所受最大支反力为 992.0MPa。

3.2.5 稳定性计算

按无侧向支撑钢管桩高度 10=11m。

长细比 $\lambda = \frac{l_0}{i} = \frac{11000}{249.65} = 44.06 < 150$ ，满足要求。

$l_c/d=11/0.72=15.27$ 。

查表得 $\varphi=0.932$ 。

$\sigma=N/\varphi A = 992 \times 1000 / (0.932 \times 31051) = 34.27 \text{MPa} < 215 \text{Mpa}$ 。

钢管柱稳定性满足要求。

4 优化方案安装及预压

4.1 支架安装

4.1.1 安装临时固结钢管柱

①钢管柱分为两段安装，使用 25 吨吊车吊装，安装时注意钢管柱垂直度偏差不得大于钢管柱高度的 1/500，且柱顶偏移值不得大于 50mm。垂直度偏差满足要求后，将钢管柱底面与预埋临时固结钢板进行满焊焊接，焊缝高度不得小于 8mm。焊接完成后每根钢管柱底部焊接直角边为 10cm、20cm 的直角三角形补强钢板 8 块（厚度 20mm）。补强钢板位置如图 8 所示。

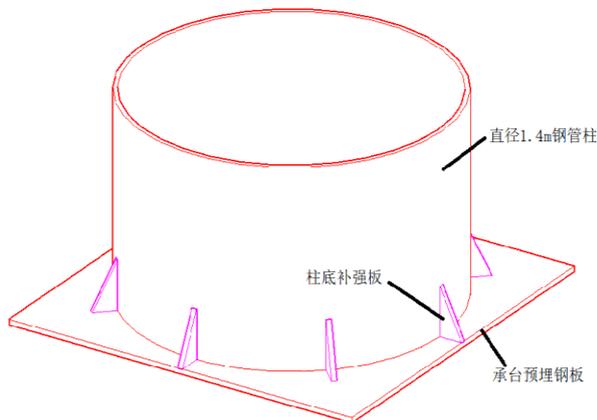


图 8 临时固结钢管柱底部补强钢板示意图

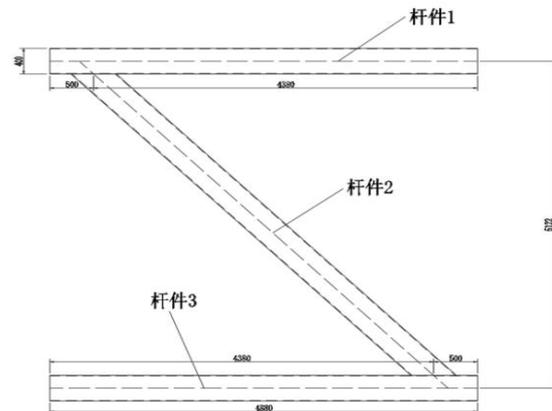


图 9 平联示意图

②临时固结钢管柱焊接完成后，焊接钢管柱之间平联。平联采用直径为 400mm，厚度为 8mm 的钢管，平联杆件 3 距离承台表面 2.8m（管中心距）高，平联钢管柱间连接需在钢管端部开适宜的圆弧表面进行满焊焊接、焊缝高度不小于 8mm，平联圆管与临时固结钢管柱焊接处也应切割圆弧接触段，并满焊焊接，焊缝高度不小于 8mm。平联示意图如图 9 所示。

4.1.2 安装支架体系

①安装 720mm 斜杆，先按照设计图纸对直径 720mm 钢管切出适宜角度，并焊接杆件 3、杆件 2，焊接要求为接缝处做圆弧处理并满焊焊接，焊缝高度为 8mm，焊接完成后，顶部于管段中心焊接 1m 正方形钢板（厚度为 20mm）。720mm 钢管底部与法兰盘进行焊接后使用吊车将其与承台预埋螺栓进行对接，对接完成后，检验杆件垂直度是否满足要求，检验合格后，安装预埋螺栓螺母，并将杆件 3、杆件 2 与临时固结钢管柱进行焊接。最后于 720mm 钢管柱底焊接 8 个补强钢板，补强钢板高度、宽度及焊接要求同临时固结钢管柱柱底补强钢板要求。

②安装平联焊接，与临时固结钢管柱平联焊接要求相同，应当注意的是临时固结平联与 720mm 斜杆平联交错布置，形成 X 形。

③纵、横梁安装：720mm 钢管安装完成后对柱顶钢板高程与平整度进行调整，调整后安装 56b 双拼工字钢横梁，56b 双拼横梁顶面高程应与临时固结横向布置的 40b 双拼工字钢顶面处于同一高程上，并与 720mm 钢管顶部水平板焊接补强板保持稳定。

横梁安装完成后，安装 36b 双拼槽钢纵梁和 25b 双拼槽钢纵梁。36b 双拼槽钢共 8 根，每根长为 7m；25b 双拼槽钢长度分别为 12m、2m、4.2m，长 12m，横向安装，间距为 500mm，腹板区域内每根 12m 长双拼槽钢中间安装 2m 长 25b 双拼槽钢。详细布置见图 10。

4.1.3 调坡架安装

48mm 钢管立杆间距为腹板下 250mm、底板下 300mm，立管与立管间通过十字扣件连接成整体，墩身上部梁底按照横、纵向间距 250mm 进行搭设，搭设前应将支座、防落梁挡块安装完成，随后在顶托上先横向、再纵向布置两层方木，底

4.2.4 预压注意事项

① 支架沉降变形是支架施工的关键，应确保观测数据的准确性。

② 预压时严禁墩身周围上下交叉作业，并划出安全警示区。

③ 支架预压加载和卸载应按照对称、分层、分级的原则进行，每级荷载安放位置重量偏差不得大于±5%，严禁集中加载和卸载。

④ 测量过程中由专人负责盯控支架，如发现沉降量异常突变或发现沉降明显、焊缝断裂时，应立即停止加载，并查明原因，采取相应措施。

5 优化后支架施工注意事项

① 在施工承台时，在承台顶部相应位置预埋钢板和高强螺栓，定位必须精确并进行有效固定，外露螺栓缠裹胶带和使用 PVC 塑料管保护。待承台混凝土达到设计强度的 100% 时，方可吊装钢管柱。

② 为了增强钢管柱的稳定性，利用墩身模板拉杆孔进行钢管柱与墩身拉结，拉杆孔内穿通 $\phi 25\text{mm}$ PSB830 精轧螺纹钢固定 25b 双拼槽钢于墩身侧面，然后使用 25b 槽钢连接墩身与钢管柱，接缝均采用焊接。如图 11 所示。

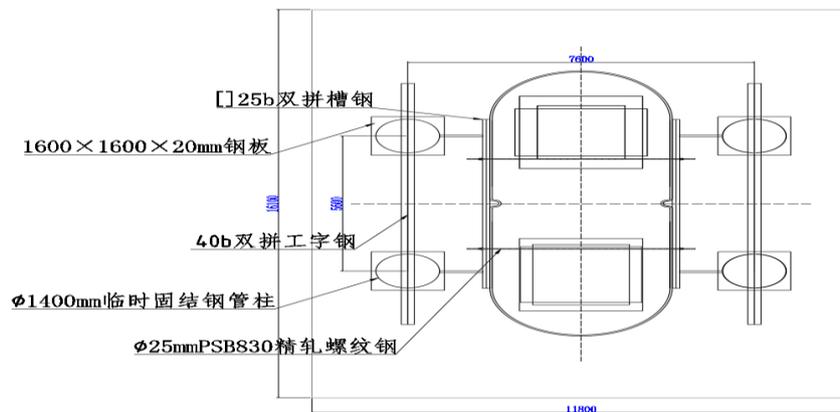


图 11 墩身与钢管柱拉结示意图

③ 由于双拼 40b 工字钢横梁贯穿临时固结钢管柱，需在临时固结钢管柱上加设补强钢板，补强钢板焊接完成后再进行搭设横梁。补强钢板示意图见图 12。

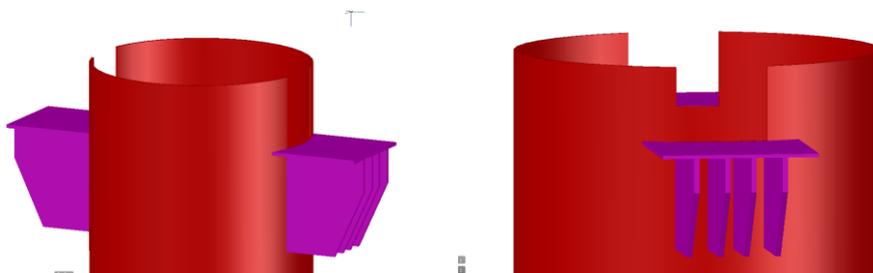


图 12 补强钢板示意图

④ 梁底调坡架由直径 48mm*3.5mm 厚的钢管与优质顶托组成，钢管通过十字扣件连接成整体。钢管下料时端部必须水平，保证钢管垂直，使其充分受力。顶托丝杆外露长度不得大于 30cm。

6 方案对比

6.1 技术分析

6.1.1 结构分析

优化后的支架方案利用临时固结钢管柱作为支架钢管柱的一部分，可以最大程度的发挥材料性能，且受力比较简单，结构较稳定。

6.1.2 施工控制

既有常规方案中,最外侧钢管柱位于承台外侧,需进行地基换填后施做条形基础处理,大大的增加了工作量,且换填质量无法保证,存在基础下沉的风险。优化方案的钢管柱全部位于承台上方,施工质量可控,施工较方便,施工周期较短。

优化后方案,减少了吊装作业及高空作业量,降低了施工风险,且增加了施工效率。

6.1.3 材料选择

既有常规方案需用 24 根的钢管柱,且钢管柱之间横向、纵向连接也需使用大量的槽钢,优化后方案仅使用 8 根钢管柱即可满足施工要求。

优化后的方案对横梁、纵梁及调坡架都进行了进一步的简化,减少了工字钢、槽钢等钢材的使用量。

6.2 成本分析

表 1 支架方案对比表

类型	钢管柱用量 (t)	型钢用量 (t)	施工周期 (天)	劳力 (人)	汽车吊台班(个)	地基处理(万元)
既有常规方案	约 58	约 41	12-15	9-12	10	10
优化方案	约 45	约 29	8-10	6-8	5	0

经过表 1 对比,可以得出优化方案节省钢管柱钢材 13 吨,节省型钢 12 吨,节省汽车吊台班 5 个,节省劳力共 60 个工日,节省地基处理费用 10 万元,一处支架体系可节省成本约 23 万元。

7 结束语

通过两种方案的对比可以看出,优化后的支架体系,充分地利用了墩外临时固结钢管柱,最大程度的发挥了材料性能,避免了地基基础处理带来的安全隐患,优化了施工工序,操作简单、施工便利,缩短了 0#块的施工周期,提高工效,节约成本效果显著。对今后类似大跨度连续梁支架体系施工提供了有力支撑。

[参考文献]

- [1]李林凤.大跨度连续梁 0#块钢管支架设计与施工技术[J].国防交通工程与技术,2013(1).
- [2]韩建伟.大跨度连续梁 0#块支架设计及施工技术[J].公路交通科技(应用技术版),2017(03):149-151.
- [3]张帅.永定新河特大桥大跨度连续梁施工技术研究[J].工程技术研究,2018(6).
- [4]李红英.高速铁路悬浇连续梁 0#块支架设计与施工[J].山东省科协,2009(9).
- [5]张安.跨江 62+110+62m 公路连续梁 0#块支架设计[J].科学技术创新,2017(6):237-238.
- [6]宁波.大跨径连续梁桥 0+1#块支架设计与力学性能分析[J].城市建筑,2016(9):300-300.

作者简介:贾连刚(1976.12-),男,工程师。