

# 江汉平原软基区现浇梁桥满堂支架施工优化研究<sup>\*</sup>

罗远国

(湖北交投荆潜指挥部, 湖北 荆州 434006)

**摘要:** 结合江汉平原某高速公路现浇梁桥支架施工, 阐述满堂支架与梁式支架在路堤低矮、地基软弱、路渠密布的南方平原地区, 搅拌桩处理地基和宽散水处理膨胀土地基的施工方案优化, 对跨越大型堤防、路堑常用的台阶式支架基础进行稳定性计算, 并介绍跨越大堤、中小型沟渠、小型道路的细部构造及排水处理措施。

**关键词:** 桥梁; 满堂支架; 现浇梁桥; 软基处理; 江汉平原

中图分类号: U442.4

文献标志码: A

文章编号: 1671-2668(2019)06-0092-04

某新建高速公路第五合同段位于江汉平原中北部, 全长 20.982 km。北段位于微丘岗地, 中~弱膨胀土分布广泛, 局部出露强膨胀土; 中、南段平原广大, 地表水系发育, 湖、塘、沟渠纵横密布。沿线软土深厚, 多为粉砂、粉质黏土, 间夹条带、片状或透镜体分布的软塑状粉质黏土, 范围和厚度变化较大。全线共设 5 座现浇大桥, 跨径 18~70 m, 桥下净空 3~15 m, 分别跨越路堑、大型河堤或渠、塘。此外, 部分悬浇桥 0<sup>#</sup> 段也采用现浇施工, 梁高 7 m, 荷载较大。总体来看, 线路所处的江汉平原与中国中东部很多河、湖水网密布的平原地区相似, 由于路基填料紧张, 往往路堤较为低矮, 桥下净空较小。在这种地形、地质条件下, 现浇支撑形式的选择及地基处理相对困难, 需兼顾现场条件、成本、工期等进行多方比选。根据湖北省相关行业要求, 软土地基、沉降不均匀地段、地势高差过大及高度超过 30 m 的区域禁止使用满堂支架。但是否一概而论, 值得商榷。该

项目桥下净空、地基软弱层分布、施工工艺等不尽相同, 梁式支架、土胎作业等支撑类型存在较多局限, 如何因地制宜, 经济、快速、可行地完成各桥地基处理及支架选型成为施工中的重点。

## 1 软基区采用搅拌桩+满堂支架经济性比较案例

### 1.1 软基搅拌桩+跨渠暗涵处理地基

某现浇桥跨越灌溉渠和水塘, 上部结构为单箱三室等截面预应力砼连续箱梁, 桥跨组合为(18+25+18) m, 梁高 1.6 m, 桥下净空 2.41~3.52 m(见图 1)。桥梁两岸接引数公里软基路堤, 表层 1.5 m 为淤泥或遗留钻渣, 地基实测承载力为 60~80 kPa; 地面以下 3~4 m 地层稍好, 承载力在 100 kPa 以上, 分布均匀, 预计该深度地层可作为支架主要持力层。该桥施工期正值雨季, 场地低洼, 地下水埋深为 0~1 m。

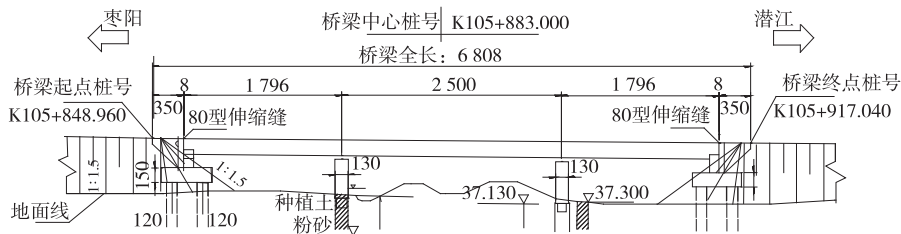


图 1 某现浇桥纵断面(单位: 标高为 m, 其他为 cm)

### 1.2 方案比选

若采用梁式支架, 需打设 72 根  $\phi 529$  钢管桩, 现浇完成后, 桥下净空太低, 无法拔桩, 钢管桩废弃

近千米, 损失约 30 万元。若梁式支架采用扩大基础, 因持力层深埋, 地表土软弱, 基础配筋及扩大后, 成本接近, 也不环保。因此, 该方案不宜采用。

<sup>\*</sup> 基金项目: 国家自然科学基金项目(71771031)

若采用换填地基式满堂支架,挖深超过 3 m,附近 10 km 范围内无合适填料,且地下水位太高,常规情况下不宜换填透水性材料;若换填灰土,成本略低,但该桥施工期正值雨季,灰土工期长、质量差。

若采用土胎法,地基处理及胎体加剧的附加沉降均需考虑。进一步比选(见表 1)如下:

(1) 地基处理方案。1) 换填式地基。根据轻型触探分层击数,通过计算,换填深度在 2.4 m 以上。局部水塘约 140 m<sup>2</sup>,水深 3 m,需换填 6 020.4 m<sup>3</sup>。从 10 km 以外汉江挖取,计入基坑开挖、防护(基坑紧邻道路与灌渠),费用为 44.91 万元。2) 水

泥搅拌桩处理。桩径 0.5 m,正三角形布置,桩距 1.1 m,桩长 3~4 m,水泥用量≥60 kg/m,采用“四搅两喷”工艺,上铺 50 cm 砂垫层。费用为 23.7 万元。

(2) 梁体现浇支撑方案。1) 土胎法。地面以上填砂至现浇梁底,平均填高 2.7 m,填筑 7 502.6 m<sup>3</sup>,需远运汉江水下开挖的河砂,加上后期清除处理,费用为 55.5 万元。2) 支架法。地面以上采用满堂支架施工,支架总量 300 t,租赁时间为 4 个月,租赁单价暂定 130 元/(t·月),费用为 15.6 万元。

综合考虑,选用水泥搅拌桩地基处理方案+满堂支架方案。

表 1 梁体现浇支撑方案比选

施工方案	原材料	施工工艺	拆除	成本	质量	环保与文明施工	工期
填砂土胎法(高运距,包边土就近挖取 2.7 m)	填砂料源 10 km 边土就近挖取	填筑高度 2.4~3.5 m,水密法工艺需设置子堰、排水沟,分层填筑、灌水、碾压	桥下净空仅 2.7 m,只能采用 2 台小型挖机掏除,转运至桥外装运,施工困难	填砂 7 502.6 m <sup>3</sup> ,运距太远,雨季便道维护费用高;土胎易冲刷,需防护;附近路基已完成,砂料不能二次利用;左右幅需同时投入 2 套底模	填砂及连续梁自重,软基沉降量大;宽幅现浇桥对差异沉降非常敏感;各墩为刚性支点,存在不均匀沉降	填、运、挖存在扬尘;易造成附近丰富水系污染淤塞;机械作业碳排放量大	填砂施工慢,河砂供给不稳定,预计填筑周期为 15 d;地基处理工期另计
水泥搅拌桩+满堂支架法	可拆除相邻桥支架移至本桥	处理深度 3 m,桩径 500 mm;满堂支架搭设高度仅 1.7~2.8 m;施工工艺简单成熟	从上到下依次拆除,单件重量小,人工及小运转运简易	支架租赁使用,较为灵活;设备简单,施工工艺成熟;雨季可每天作业,速度快	桩身与软弱土层复合,差异沉降小,整体性好,压缩层沉降大幅降低	硬化场地上作业,干净整洁,文明施工形象好;能耗稍低	支架搭设工期 5 d,搅拌桩工期 7 d;该桥位于全线架梁通道上,工期可控十分重要

2 宽散水+阶梯式碗扣支架处理膨胀土地基案例

北段某路堑上方需设置现浇天桥跨越主线,两侧边坡为中~强膨胀土,路堑原状土地基承载力在 200 kPa 以上,满足支架要求。但需解决膨胀土、台阶稳定性的问题。经对比分析,满堂支架法施工较

方便,成本低于填砂法,支架现有,便道及搅拌桩施工基本不受雨季影响,速度快,各方面优势较明显。

如图 2 所示,采用“宽散水”方式进行膨胀土地基封闭处理,路床、边坡全部采用 C20 砼硬化,超出桥面水平投影 2 m,同时路床硬化区预留 1 m 左右高度暂不挖除,进一步提高排水能力。硬化区四周设宽 1 m、深 50 cm 水沟,采用 5 cm 砂浆封闭。

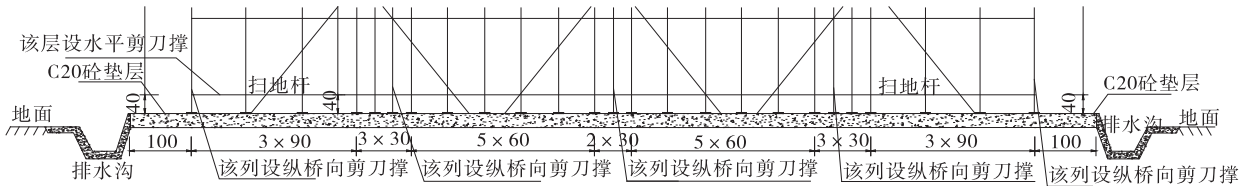


图 2 某膨胀土地基现浇桥支架和排水布置横断面(单位:cm)

跨越路堑的支架施工与沿线跨越大堤的类似,关键是地形问题。通常边坡比例1:2时,与碗扣支架节点模数一致。土质路堑边坡比例大都在1:1.5左右,一般通过修筑台阶、调节立杆、加强水平杆等措施处理,较易解决。但坡面的稳定性影响大。稳定性计算分析如下:

(1) 支架作用下边坡土体抗滑移稳定性分析。为简化计算,假设边坡土体破坏面为直线,粘聚力  $c=0$ ,内摩擦角  $\varphi=25^\circ$ ,安全系数  $F_s=R/T=[(G+F)\cos\alpha\tan\varphi]/[(G+F)\sin\alpha]=\tan\varphi/\tan\alpha$ ,且应大于1。围堤土坡受力见图3。

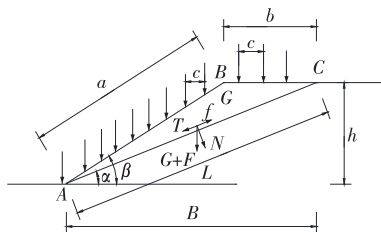


图3 边坡整体性分析示意图

(2) 边坡砟抗滑移稳定性分析。坡面砟与土体之间的受力见图4。以1:3坡比试算,由于采用砟作为垫层,坡面清表,其粗糙度不大,摩擦角可取  $\delta=1/2\varphi=1/2\times 25=12.5^\circ$ ,  $\mu=\tan\delta=0.22$ ,安全系数  $F_s=R/T=\mu/\tan\beta=0.22/(1/3)=0.66<1$ 。若没有其他措施,即使1:3的坡面,坡面砟也可能沿边坡土基面滑动。

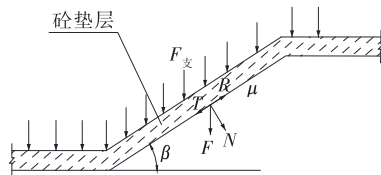


图4 结合面抗滑分析示意图

(3) 边坡台阶及承载力验算。根据以上分析,为保证边坡的稳定性,需在坡面挖台阶,浇筑20~25 cm厚C20砟进行硬化。由于支架纵距60 cm,为方便支架搭设和台阶开挖,台阶宽度控制为60 cm的倍数。为使理论滑裂面不在台阶上,避免单个台阶整体滑移,需确定支座的最佳布置点位及边坡的最低坡度要求。台阶受力见图5,  $c=20$  kPa,  $\varphi=20^\circ$ ,按朗肯土压力极限平衡状态推导出单台阶高度46.4 cm,相应安全坡比为46.4:60=1:1.3。

由于开挖台阶对原状土边坡或多或少有所削弱,导致内摩擦角减小,且宽度误差可能小于60 cm,

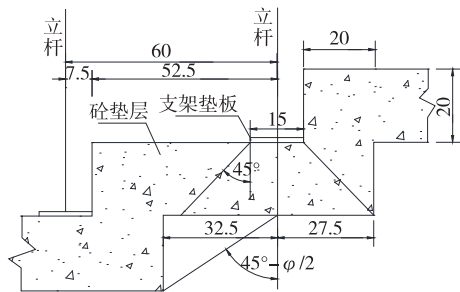


图5 单台阶承载力及局部稳定性计算示意图(单位:cm)

为安全起见,在边坡理论坡比1:1.3的基础上再放缓,1:2边坡配合60 cm宽台阶,1:3边坡配合120 cm台阶,且错台处立杆中心距错台边缘的距离不小于50 cm。需指出的是,当边坡土质差, $c$ 、 $\varphi$ 值更小时,安全坡比变化较大,需单独计算。另外,由于桥址及边坡为膨胀性土层,需做好防止雨水渗入、浸泡边坡的措施,否则,被水浸泡的边坡其稳定性将折减近一半,存在很大安全隐患。

### 3 跨越构造部分的细部结构

#### 3.1 碗扣支架使用接高套筒适应地形

江汉平原河、渠众多,部分现浇桥需跨越大型堤防。某大堤边坡坡比为1:3.2,直接采用等高或等宽小台阶时,架体底部无法按照碗扣支架构造模数(1:2,以常用的1.2 m步距考虑)搭设,而大型堤防堤坡不允许开挖修整,迎水面也不允许通过填筑方式改造地形。通过计算,台阶宽度按120 cm、高度按隔跨30和45 cm布置,架体底部隔跨增加接高套筒,再辅以水平杆或扫地杆,提高底层支架稳定性(见图6)。



图6 接高套筒及台阶使用情况(未完工状态)

#### 3.2 跨越中小型沟渠的处理

通过调查,部分桥梁在施工期间,桥下灌渠维持中等过流量,渠身填筑质量较好。沟底清淤换填后,铺设直径1 m的多道预应力砟涵管,上覆不小于50 cm的填土进行硬化处理。为避免过大差异沉降,加强渠底换填、节间包封和管上压实度等质量控制。

另外,渠顶开口多在5 m以内,为进一步提高地基均匀性,渠顶立杆底部加设[25型纵向槽钢式枕木跨越开口段。对于排渠,根据季节、断面、土质等采取暗管、梁式支架、导流明沟等处理措施。

### 3.3 跨越小型道路的处理

江汉平原人口稠密,路网纵横,线路跨越大量机耕道、乡村水泥路及部分稍高等级公路。为了解决通行问题,满堂支架频频增设门洞,门洞净高不大于5.5 m、净宽不大于4.0 m,满足相应安全限界即可。当桥、路斜交时,改用梁柱式门洞结构。门洞顶部采用硬质材料全封闭,两侧设置防护栏杆和安全网。有机动车通行的,洞外设置导向、限高、限宽、减速、防撞等设施与标识、标牌(见图7)。

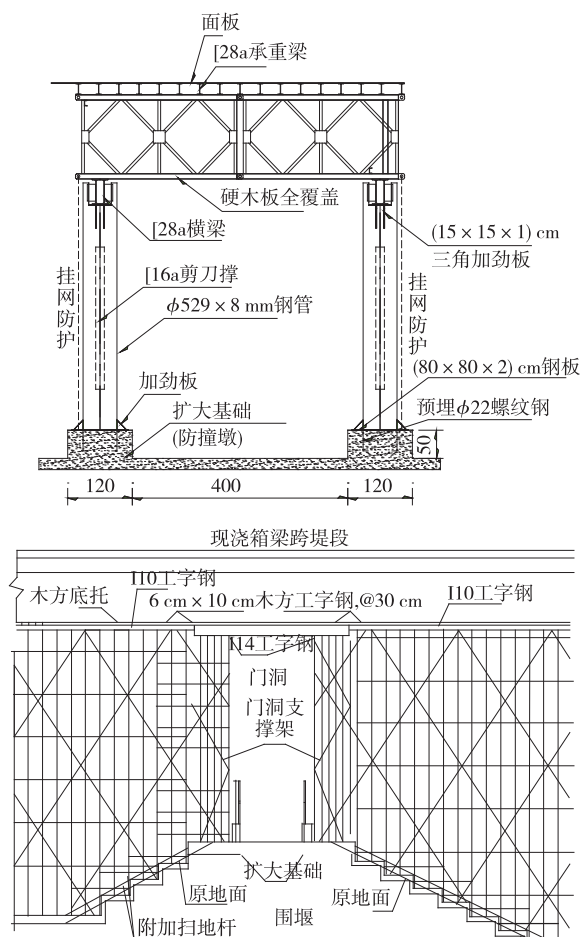


图7 路网密集区满堂支架的预留门洞形式(单位:cm)

对于河湖水网区,道路两侧大都并行沟渠,地基软弱,洞侧立杆采用扩大基础且满足防撞要求。门洞的地基承载力需高于其他支架,需特别注意地基处理和相邻沟渠的渗水浸泡结构的问题,洞侧满堂支架宜减小步距、增加剪刀撑,以减少门洞对支架整体的削弱。

### 3.4 排水系统处理

各桥区大都地势低洼,雨季内涝较严重。对于满堂支架,地基排水极其重要。现场试验显示,对于粉质黏土,雨水浸泡软化后,压缩层范围内的承载力将下降40%以上,同时压缩增大,地基沉降增大。对于膨胀土地基,其危害更大。满堂支架失稳事故中,因地基软化、失稳造成的事故占相当大的比重。可采取以下处理措施:地基高出原地表0.5 m以上;周边排水沟距离架体水平投影2 m以外;沟深不小于0.8 m;与场外排水系统充分对接;过于低洼区配备排水泵及较大集水坑等。

## 4 结语

江汉平原塘渠、路网密布,换填层或垫层普遍采用砂砾石材料,水稳性较好,支架持力层相对均匀、稳定,且桥梁普遍低矮,根据上述实践,满堂支架搭拆方便、高度灵活、成本相对较低,在类似沟渠、低洼、地基相对软弱的平原水网地区,其经济性、简便性具有较大优势。对于软弱地基上的满堂支架,浅层搅拌桩方案值得推广。

### 参考文献:

- [1] 李长民.湖北省高速公路建设标准化指南第六分册 施工工艺及管理:桥梁工程[M].北京:人民交通出版社,2017.
- [2] 《工程地质手册》编写委员会.工程地质手册[M].北京:中国建筑工业出版社,2012.
- [3] 高秋利.碗扣式钢管脚手架施工现场实用手册[M].北京:中国建筑工业出版社,2014.
- [4] JGJ 166—2016,建筑施工碗扣式钢管脚手架安全技术规范[S].
- [5] JTG/T F50—2011,公路桥涵施工技术规范[S].
- [6] 汤承芳.钢管桩支架在现浇箱梁施工中的应用[J].公路与汽运,2017(3).
- [7] 李薇.预应力现浇箱梁满堂支架施工技术探讨[J].公路与汽运,2016(3).
- [8] 邱福平,吕忠明,夏来福.关于浅水、软地基现浇箱梁满堂支架地基处理施工工法的研究[A].全国城市公路学会第十九次学术年会论文集[C].2010.
- [9] 林珈,李伟,崔杨.现浇箱梁满堂碗扣支架设计与计算[A].第19届全国结构工程学术会议论文集(第II册)[C].2010.