桩基托梁挡土墙结构设计及基于偏心距的布置优化研究

史俊勇

中国华西工程设计建设有限公司 四川 成都 610000

【摘　要】：挡土墙与桩基的合理组合运用，不仅能有效解决软弱地基承载力问题，还能还能很好的解决高陡路堤边坡稳定性问题。近年来，桩基托梁挡土墙越来越多的运用于公路工程、铁路工程、房建工程的填方边坡支挡，本文对桩基托梁挡土墙的结构设计进行浅析及例举其在公路项目中的运用，对桩基、托梁、挡墙结构布置方案作简单探讨。

【关键词】：挡土墙；桩基；托梁；高陡路堤；偏心距

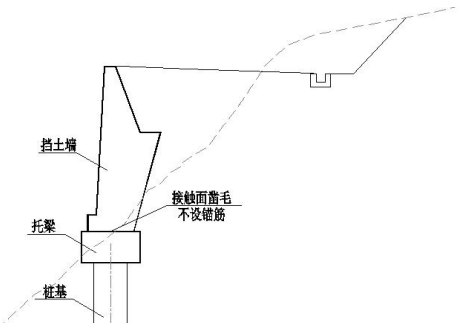
DOI:10.12417/2811-0528.25.20.007

1 前言

桩基托梁挡土墙是指桩基上设置类似承台梁托梁，并将挡土墙设在托梁之上，使挡土墙获得足够的稳定性和承载力。挡土墙可选用衡重式、仰斜式、直立式等重力式挡土墙，也可采用扶壁式多排桩桩基托梁，工程上常用的是自稳性较好的衡重式挡土墙，用以承受填土的土压力或坡体下滑力。托梁一般采用连续矩形梁，用于承托挡土墙，作为中间受力体系传递挡土墙的重力、水平剪力。桩基可选择圆形或方形，可根据施工条件、受力大小合理选择，用于承受上部体系传递的重力、水平剪力、弯矩和结构本身可能受到的土压力或下滑力。

在工程运用中，桩基托梁挡土墙常运用于高陡填方路堤，或地基土层覆盖层过厚且地基承载力不足、地基土层不稳定或挡土墙基础埋置太深，不宜设置普通挡土墙地段。或因设置悬臂桩，桩体受弯矩过大导致工程规模偏过大、桩顶位移不符合规范要求地段。

本文对桩基托梁挡土墙的结构设计进行浅析及例举其在公路项目中的实际运用，同时对桩基、托梁、挡墙结构设计及其布置方案作简单探讨。由于作者仍处于不断学习过程中，本文内容为个人工作实践的粗浅思考，难免存在不足之处，恳请各位前辈同行不吝指正。



桩基托梁挡土墙

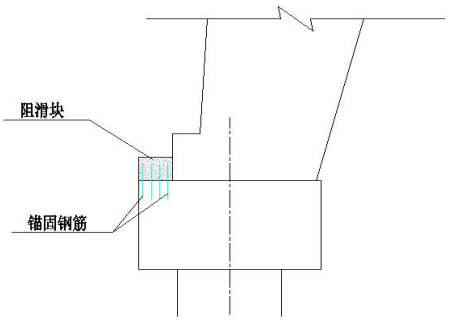
2 结构设计

2.1 挡土墙设计

挡墙应具有足够的稳定性，墙身截面应具有足够的强度，故一般采用现浇混凝土。挡土墙只需按常规挡土墙设计验算挡墙的抗倾覆稳定性 KC、抗滑移稳定性 K0 和挡墙偏心距 e 等，满足规范要求即可，具体计算方法可参照《公路路基设计规范》（JTG D30—2015）附录 H 计算。因挡土墙置于托梁之上，竖向承载力传递由桩基分散，故可不予考虑挡墙基底承载力验算。

挡墙置于托梁之上，可视为岩质地基，偏心距 e 可按基底宽的 1/4 控制。托梁应与挡墙应分开浇筑，不可同步浇筑，挡墙浇筑前托梁顶面应打毛或栽植石芽后再浇筑上部挡土墙。挡土墙与托梁之间不得用钢筋固接，在抗滑移验算和抗倾覆验算中也不应考虑挡墙基底与托梁之间的胶结作用，此做法与硬岩质地基挡墙设计理念一致，工程偏于安全。

挡土墙抗滑移验算安全系数较低时，可考虑在挡墙趾端部设置混凝土抗滑键，其尺寸不小于 200mm×100mm，且抗滑键应植筋并与托梁同步浇筑，不得和挡墙同步浇筑。



桩基托梁挡土墙

2.2 托梁设计

托梁固结于桩基之上，作用在托梁结构上的荷载包括挡土

墙传递的水平力、竖向力和托梁的自重，荷载分布形式可采用均匀分布。托梁应具有足够的抗弯、抗剪性能，故应做极限承载力下的抗弯、抗剪验算，考虑上部挡墙和托梁本身刚度较大，一般不验算托梁挠度。同时考虑墙后填土设计参数往往与实际存在一定偏差，且工程情况的复杂多变、施工质量偏差等因素，托梁还应具有一定的抗扭性能，满足抗扭构造措施，适当加密箍筋，可不必做专门验算。

托梁不宜悬空，局部有悬空时,应采用混凝土或片石混凝土嵌补，但一般不考虑托梁承台效应，即不计入托梁与地基间的摩擦力和土反力作用。

托梁截面尺寸宜为矩形，厚度不宜小于 800mm。横断面方向托梁中心与挡墙底的几何中心宜位于同一条竖直线上，托梁宽度不应小于挡土墙底宽和桩直径。

2.3 桩基设计

桩基可选择圆形或方形，可根据施工条件、受力大小合理选择，用于承受上部体系传递的重力、水平剪力、弯矩和结构本身可能受到的土压力或下滑力。桩基可按一般抗滑桩方法计算，主要计算内容包括桩的抗弯、抗剪内力计算，地基的横向承载力计算，一般不作裂缝验算。地基除特殊情况外，如桩底存在软弱下卧层，一般不计算地基竖向承载力。地基横向承载力可参照《建筑边坡工程技术规范》（GB 50330-2013）第 13 章方法计算。桩身弯矩、剪力、位移可根据嵌固端岩土情况，采用地基系数法(K 法或 m 法)计算，当嵌固端位于岩层时采用 K 法，位于土层时采用 m 法。

间距应大于 2 倍托梁悬出段长度,且不宜小于桩身短边长度的 3 倍。桩顶嵌入托梁长度不宜小于 100mm。

3 结构布置思考

目前，在工程实践中，常见的桩、墙、梁布置方法有以下两种：

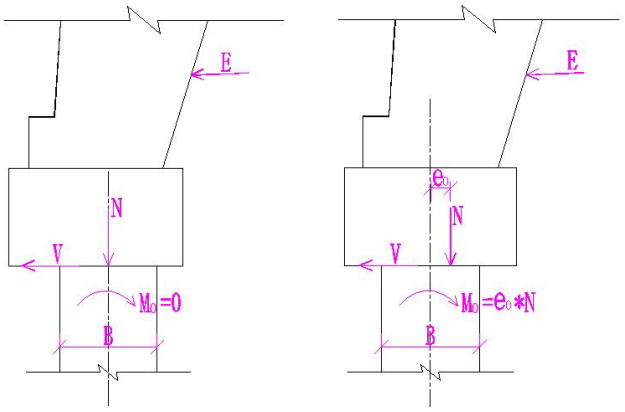
（1）参照《铁路路基支挡结构设计规范》（TB 10025-2019）规范推荐方法，将桩中心、托梁中心、与挡墙底的几何中心置于同一条竖向直线上，以求三心合一，结构对称。该方法不需进行位置计算调整，布置方法简单统一，利于施工控制，但挡墙设计偏心距为负值时，可能对桩基造成不可忽略的桩顶不利弯矩作用。

（2）将上部结构计算竖向合力与桩基轴线重合，以达到挡墙传力不传弯矩的目的。但现实工程中，墙后填土设计参数往往与实际存在一定偏差，且考虑工程情况的复杂多变、施工质量偏差等因素，往往很难做到真正的“传力不传矩”。

基于以上两种常规布置方法，发散思考，本处采用两种布置工况做对比，并通过实际案例计算，讨论是否可以通过适当调整桩、梁、墙的相对位置，调整墙底偏心距 e，给桩基附加有利弯矩作用，达到提高安全系数，降低工程规模的目的。

工况一：挡墙（含托梁）竖向合力与桩轴线重合：此时挡墙仅向桩基传递轴向压力 N 与水平推力 V，不对桩基造成弯矩作用。

工况二：挡墙（含托梁）竖向合力相对桩轴线内移：设置适当的内移偏心距 e0（建议方桩不大于 B/6，圆桩不大于 B/8），通过结构设计在桩顶附加负弯矩，以抵消部分来自土压力或下滑力造成的桩体弯矩，进而减小工程规模，或在同等工程规模下增加支护结构的安全储备。



工况一　　工况二

图中：

E—主动土压力或下滑力（KN）；

N—挡墙(含托梁)所受的竖向合力（KN）；

V—挡墙(含托梁)所受的水平合力（KN）；

B—桩基受弯矩方向的截面长度或圆桩直径（m）；

e0—挡墙所受合力的竖向分力对桩基轴线的偏心距（m）；

M0—挡墙所受合力的竖向分力偏心对下部结构造成的弯矩作用（KN.m）；

4 工程算例

某盘山公路地形陡峻，地表坡度 26~45°，下伏 2~4m 厚可塑粉质黏土，其下为强、中风化泥岩，岩层产状为 125°∠6°。受地形限制，上下层道路平面空间受限，上层道路无填方放坡条件，地基土层不适宜作为挡墙持力层。设计拟采用衡重式桩基托梁挡墙收坡处理，挡墙高 10m，托梁 3×2m，桩基长 16m，采用 1.5×2m 截面尺寸，间距 5m 布桩。

（1）工况一：挡墙（含托梁）竖向合力与桩轴重合，其

计算内力结果如下：

①桩顶剪力 V=195.4KN;

②桩顶弯矩 M0=0KN.m

③桩身最大剪力：2792 KN

④桩身最大弯矩：13046 KN.m

⑤桩顶最大位移：24mm

⑥所需钢筋量：22800mm²

（2）工况二：调整布桩结构，挡墙（含托梁）竖向合力相对设置内移偏心距 e0=0.3m，调整后内力计算结果如下：

①桩顶剪力 V=195.4KN;

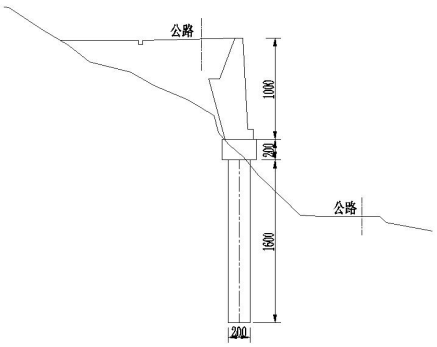
②桩顶弯矩 M0=—1260KN.m

③桩身最大剪力：2792 KN

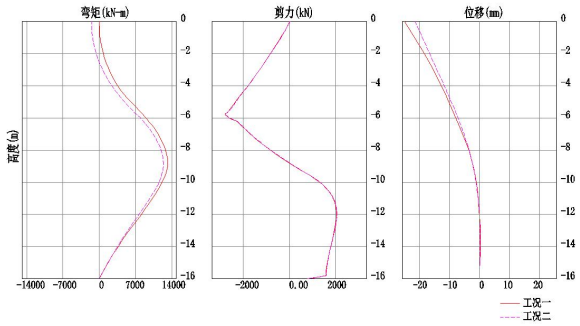
④桩身最大弯矩：11786KN.m

⑤桩顶最大位移：21mm

⑥所需钢筋量：20250mm²



断面布置图



两种工况内力、位移对比图

由计算结果可知，布桩方案调整后，桩身剪力不变，桩顶位移减小 12.5%，桩身最大弯矩减小 9.7%，钢筋用量可减少 11.1%。可见，调整偏心距前后桩身所受剪力几乎无影响，但可有效减小桩身弯矩，减小桩顶位移，进而显著降低墙顶位移。

5 结语

合理的设置桩顶竖向力偏心距可有效减小桩顶位移、桩身弯矩，且不同工况对桩顶位移、桩身弯矩优化幅不同。甚至可通过设置配重、墙底固结等工程措施有目的性调整桩顶负弯矩，以抵消部分来自土压力或下滑力造成的桩体弯矩，达到降低工程规模的目的，或在同等工程规模下增加支护结构的安全储备，有一定的研究意义。

参考文献：

[1] 铁路路基支挡结构设计规范(TB 10025-2019)[S].

[2] 公路路基设计规范(JTG D30—2015)[S].

[3] 公路桥涵地基与基础设计规范(JTG 3363-2019)[S].

[4] 建筑边坡工程技术规范(GB 50330-2013)[S].

[5] 程永刚.公路工程斜坡病害防治理论与实践[M].人民交通出版社,2020.

[6] 李海光.新型支挡结构设计与工程实例[M].人民交通出版社,2004.

[7] 张敏.托梁挡土墙设计理论与工程应用研究[D].成都:西南交通大学,2007.

[8] 高志辉.桩基托梁挡土墙力学作用机理试验研究与数值分析[D].成都:四川大学,2005.