

在流沙地基上进行挡土墙施工方案的优化

石家庄铁路分局建设项目管理部 王树强 陈大庆

摘 要 介绍邯济铁路引入邯郸南相关工程中在地下水位高、流沙层厚、紧邻京广正线地段进行挡墙施工方案的优化,采用重力式与轻型支挡相结合的方案,将基底高程提高,避开流沙层,减少京广线路基开挖量,解决施工中的关键问题,保证京广线行车安全。

关键词 挡墙 方案 优化

1 工程概况

邯济铁路是铁道部、河北省、山东省联合投资的新建铁路工程项目,河北段从邯郸南站接轨,使邯郸南站形成到达、编组、发车的三级场。由于京广线行车密度很大,为了统一组织协调运输和施工,既要保证行车安全,减少对运输的影响,又要对工程安全、质量、工期、投资进行有效控制,石家庄铁路分局成立了邯济工程指挥部,负责组织实施。

该工程在京广线 K440+374 为 1-12 m 顶进立交桥,相邻邯济线 K233+800 为 1-16 m 低高度简支梁桥,桥下道路为邯郸市机场路。顶进立交桥侧墙端部与简支梁桥台基础之间距离为 7.8 m,为保证京广线路基的安全,设计新建挡墙。

原设计的挡墙基础正处在流沙层,由于地下水位高,流沙层过厚,涌水量大等原因,无法开挖至基底设计高程,尤其是靠

近京广线一侧的挡墙,距上行正线线路中心仅 3.5 m,挡墙高度为 7.25 m,如按设计开挖挡墙基础,会严重影响京广线路基的稳定,不能保证施工及行车安全。施工单位在开挖远离京广线一侧的挡墙基础时,由于流沙过多,开挖一部分后,流沙就涌到基础内,无法开挖到基底的设计高程,所以挡墙设计方案必须进行优化。

2 挡墙方案的优化

原设计挡墙基础高程为 55.15 m,恰好处在流沙层而且涌水量很大的位置,挡墙基础宽 3.2 m,全高 7.25 m(图 1、图 2),在施工中无法开挖至基底设计高程。为了避开流沙层,就必须将挡墙基础的高程提高,经过认真研究和反复检算,提出了优化挡墙的方案——重力式与轻型支挡结合的方案,见图 1~图 3,解决了施工中的关键问题。

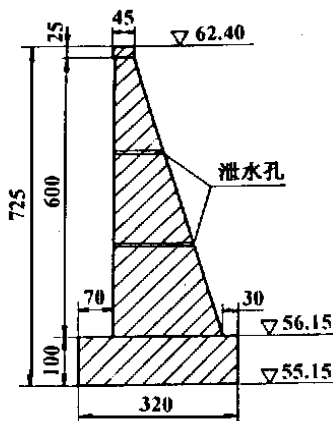


图 1 设计挡墙断面示意(单位:cm)

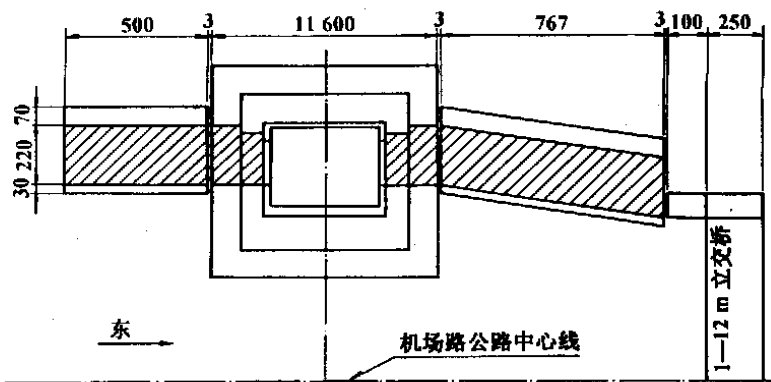


图 2 挡墙平面示意(单位:cm)

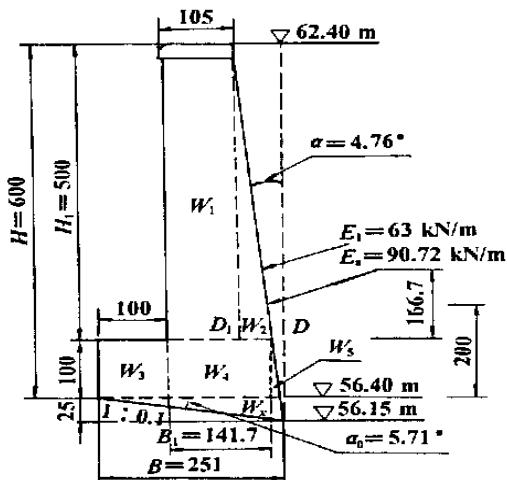


图 3 变更挡墙截面及受力分析示意(单位:cm)

3 挡墙计算

3.1 有关资料计算(图 3)

(1) 主动土压力

库伦主动土压力系数:

$$= \frac{\cos^2(\alpha - i)}{\cos^2(\alpha + \beta) \cdot [1 + \sqrt{\sin(\alpha + \beta) \cdot \sin(\alpha - i) / \cos(\alpha + \beta) \cdot \cos(\alpha - i)}]^2} = 0.28$$

式中, K_a 为库伦主动土压力系数; α 为墙背填料的内摩擦角; β 为土与墙背间的摩擦角; γ 为墙背与垂直面的夹角; i 为边坡倾角。

作用于整个挡土墙上的主动土压力

$$E_a = 0.5 \cdot \gamma \cdot H^2 \cdot K_a = 90.72 \text{ kN/m}$$

式中, γ 为墙背填料的容重, kN/m^3 。

$$E_a \text{ 的垂直分力 } E_v = E_a \cdot \sin(\alpha + \beta) = 42.7 \text{ kN/m}$$

E_a 的水平分力 $E_h = E_a \cdot \cos(\alpha + \delta) = 80.06 \text{ kN/m}$

作用于 DD_1 水平截面以上的主动土压力

$$E_1 = 0.5 \cdot \gamma \cdot H_1^2 \cdot \cos^2(\alpha + \delta) = 63 \text{ kN/m}$$

E_1 的垂直分力 $E_{v1} = E_1 \cdot \sin(\alpha + \delta) = 29.63 \text{ kN/m}$

E_1 的水平分力 $E_{h1} = E_1 \cdot \cos(\alpha + \delta) = 55.59 \text{ kN/m}$

(2) 挡墙自重计算

整个挡墙自重

$$W = W_1 + W_2 + W_3 + W_4 + W_5 = 204 \text{ kN/m}$$

DD_1 水平截面以上的墙身自重

$$W_D = W_1 + W_2 = 145 \text{ kN/m}$$

3.2 滑动稳定检算 (滑动摩擦系数 f 取 0.3)

$$K_C = (W + E_v) \cdot f / E_h = 0.93 < 1.3 \text{ (不满足)}$$

3.3 倾覆稳定检算

$$K_0 = M_v / M_0 =$$

$$(W \cdot Z_W + E_v \cdot Z_v) / (E_h \cdot Z_h) = 2.53 > 1.5 \text{ (可)}$$

3.4 基底应力检算

$$e = B/2 - (M_v - M_0) / V = 0.255 \text{ m} < B/6 = 0.417 \text{ m}$$

$$\sigma_{1,2} = (W + E_v) (1 \pm 6e/B) / B = \frac{159}{38.29} \text{ kPa} > [\sigma] = 140 \text{ kPa (不满足)}$$

3.5 DD_1 水平截面的应力检算

(1) 剪应力计算

$$\tau = E_{h1} / B_1 = 39.23 \text{ kPa} < [\tau] = 650 \text{ kPa}$$

(2) 偏心距 e_1

$$e_1 = B_1/2 - (M_{vD} - M_{0D}) / V_D =$$

$$B_1/2 - (W_1 \cdot Z_1 + W_2 \cdot Z_2 + E_{v1} \cdot Z_{v1} - E_{h1} \cdot Z_{h1}) / (W_D + E_{v1}) = 0.516 \text{ m} > B_1/3 = 0.472 \text{ m (不满足)}$$

3.6 问题处理

(1) 根据铁路路基设计规范:只考虑主要力系作用时, e_1 应小于 $0.3B_1$, 而上述计算结果 $e_1 > 0.3B_1$, 故应配筋。

DD_1 水平截面处, 墙背每延米所需钢筋数量 A_g :

$$A_g = 10\,000 \cdot E_{h1} \cdot Z_{h1} / [\sigma] \cdot j \cdot (B_1 - a) = 4.33 \text{ cm}^2$$

式中 $[\sigma]$ ——钢筋容许应力, 取 $180\,000 \text{ kPa}$;

j ——抵抗力偶之力臂系数, 取 0.87 ;

a ——受拉钢筋中心至墙背外缘距离, 取 0.05 m 。

根据规范要求, 当混凝土强度等级低于 C20 时, 截面最小配筋率为 0.1% , 所以取 $A_g = 13.67 \text{ cm}^2$, 取 $16 \text{ @} 140 \text{ mm}$, $A_g = 14.36 \text{ cm}^2$, 水平分布筋选 $6.5 \text{ @} 50 \text{ mm}$ 。

(2) 针对基底承载力不足的问题, 决定基底以下换填 0.4 m 厚碎石。

碎石垫层下的土层承载力按应力扩散法检算:

$$j + e_j [\sigma]$$

式中 j ——传至垫层底面的附加压应力;

e_j ——垫层底面上的碎石自重应力。

墙址、墙踵应力相差大, 所以应力扩散角取 35° 。

$$j = \gamma_1 \cdot B / (2 \times 0.4 \times \tan 35^\circ + B) = 130 \text{ kPa}$$

$$e_j = 8 \text{ kPa}$$

若墙底均按 159 kPa 考虑, 偏于安全。

则 $j + e_j = 138 \text{ kPa}$ $[\sigma] = 140 \text{ kPa}$ (满足)

(3) 针对滑动稳定不足问题, 决定基底做 $1:0.1$ 的斜坡, 斜坡自重 $W_x = 7.5 \text{ kN}$ 。

$$K_C = [(W + W_x + E_v) + E_h \cdot \tan \alpha_0] \cdot f / [E_h - (W + W_x + E_v) \cdot \tan \alpha_0] = 1.44 > 1.3 \text{ (满足)}$$

4 工程实施情况及效果

(1) 为确保京广线运行安全, 优化方案确定后, 在京广线施工挡墙的地段, 既有线路用扣轨方式进行加固, 京广线为 60 kg/m 轨, 扣轨用 50 kg/m 轨, 采用 $3 \sim 5 \sim 3$ 扣方式 (即线路中部用 5 扣, 轨枕两端用 3 扣), 扣轨一端在立交桥顶面上为支点, 另一端超出立交桥侧墙外 20 m , 提高了列车通过时的稳定性。

(2) 经运输部门批准, 在挡墙施工期间, 京广下行列车通过施工地段时, 慢行 45 km/h , 尽量减少因列车震动对施工造成影响。

(3) 采用集中优势, 打歼灭战的方式, 做好施工前的人力、材料、设备的准备工作后, 施工中 3 班作业 24 h 不间断, 从开挖挡墙基础, 仅用了 4 d 时间就完成了挡墙的施工任务。

(4) 由于地下水位高, 为了给施工创造好的条件, 在施工过程中, 采用 1 台 75 kW 柴油发电机和 4 台泥浆泵, 不间断地抽水, 保证了施工质量。

(5) 提高混凝土强度等级, 挡墙原设计为 C15 混凝土, 施工时改为 C20 混凝土, 采用邯郸太行水泥集团公司生产的 P525R 早强型普通硅酸盐水泥, 挡墙混凝土灌筑 72 h 后, 经检测混凝土强度达到了要求。

由于优化了挡墙的施工方案, 变更了混凝土挡墙的断面。将原设计的基底标高提高后, 避开了流沙层, 减少了挖基土方, 方便了施工, 增大了施工中的安全系数, 保证施工中京广线的行车安全。

该处挡墙施工于 1999 年元月份完成, 已经过 2 年雨季的考验, 尤其是 2000 年 7 月份邯郸地区普降暴雨, 最大降雨量 2 h 达 210 mm , 7 月份降雨量达 885 mm , 因抽水泵站尚未完善, 立交桥下及两侧引道均积满了雨水, 积水时间长达 20 d , 将水抽干后通过检查测量, 挡墙没有变化, 实践证明优化挡墙的方案是可行的。

5 结语

常规土工支挡结构从大的分类可分为重力式挡墙和轻型挡墙, 从受力分析来看, 采用古典库仑理论、朗金理论土体形成滑动面受力状态经过检算挡墙各部位须满足各种力学条件; 从适用条件来看, 主要参考荷载、支挡对象、现场地形、地质条件、挡墙的边界条件灵活采用。

本工程采用重力式挡墙与轻型挡墙结合优化断面的方案, 适应了地下水位高、流沙严重、对既有京广正线路基开挖构成行车威胁的特定条件路基, 断面选择力学参数满足基底高程提高后承载力、基底摩阻力、截面偏心距等要求, 减少开挖量, 缩短施工周期。

(来稿日期 2001-09-04)