

文章编号: 1002-0268 (2005) 10-0044-03

带凸榫重力式挡土墙的滑移分析

赵乃志, 张敏江, 才 华

(沈阳建筑大学土木工程学院, 辽宁 沈阳 110168)

摘要: 通过对沈大高速公路某段带凸榫重力式挡土墙因墙后浸水产生滑移破坏的分析, 探讨在路基浸水情况下的挡土墙的受力状况, 推导出带凸榫挡土墙浸水情况下的滑动稳定系数的变化公式, 进而对因雨水产生的水位差对挡土墙的滑动稳定系数的影响进行了论述。得出路基由于排水不畅形成的瞬时水位对挡土墙的滑移影响很大, 随着水位的提高该挡土墙的滑动稳定系数很快低于允许值, 进而产生滑移破坏。利用凸榫前产生的被动土压力可以显著提高挡土墙抗滑力。

关键词: 挡土墙; 稳定系数; 水位; 凸榫

中图分类号: U417.1⁺1

文献标识码: A

Analysis of the Anti-slide Stability of Gravity Retaining Wall

ZHAO Nai-zhi, ZHANG Min-jiang, CAI Hua

(Faculty of Civil Engineering, Shenyang Jianzhu University, Liaoning Shenyang 110168, China)

Abstract: Through the slippage analysis of gravity retaining wall of the Shenda expressway, because of the back of the wall being founded in water, the thesis discussed the stress condition of retaining wall drenched in the water, the effect of the water level change caused by the rain on the slippage coefficient of the retaining wall and a formula was derived in the paper, so the worst water level can be directly obtained. The thesis also analyzed the action of the tenon on the resistance of the slippage of the retaining wall, and the reinforced scheme aimed at preventing the slippage of the retaining wall was put forward.

Key words: Retaining wall; Stabilization coefficient; Water level; Tenon; Reinforce

重力式挡土墙是公路工程较为广泛应用的一种支挡结构。挡土墙的设计一般从抗滑移稳定性、抗倾覆稳定性、墙体强度、地基应力及地基整体稳定性 5 个方面进行考虑来设计^[1]。在一般条件下, 挡土墙的设计采用套用标准图不会出现太大的问题, 但在特殊条件下, 尤其是大型挡土工程, 必须有针对性的进行个别设计^[2]。现有的文献资料中, 对于带凸榫的仰斜式挡土墙墙后浸水的情况下, 挡土墙的稳定研究很少提及, 笔者通过对沈大高速公路某段带凸榫结构的重力式挡土墙力学分析, 推导出了该类型挡土墙抗滑移验算公式。分析了路基在浸水情况下的挡土墙的受力状况和雨水产生的水位差对挡土墙滑动稳定系数的影

响。

1 工程概况

沈阳至大连高速公路, 从 2002 年起, 全线封闭 18 个月, 进行全方位改扩建。修建过程中 K61+620~660 路段挡土墙, 由于 2003 年 6 月 23 日和 24 日 2 天降雨量达到 70mm, 路槽内积满雨水, 因排水不畅雨水长时间浸泡路基, 直接造成向前滑移和破坏, 经处理后基本稳定, 2004 年 4 月 2 日经观测这些路段挡土墙向外侧位移达 18mm, 根据分析, 认为挡土墙失稳的主要原因是墙后进水, 造成墙后总侧压力增大和墙底土的抗剪强度指标降低致使抗滑力减少。挡土墙

收稿日期: 2004-10-14

基金项目: 辽宁省自然科学基金资助项目 (20031002)

作者简介: 赵乃志 (1960-), 男, 工学博士, 副教授, 主要从事岩土工程研究。(cenzhao@sjzu.edu.cn)

的具体设计参数为 $\varphi_0 = 45^\circ$, $\gamma = 18\text{kN/m}^3$, $\mu = 0.5$, $\sigma \geq 500\text{kPa}$ 。其中, φ_0 为综合内摩擦角; μ 为土对挡土墙基底摩擦系数; σ 为地基容许承载力。墙身衬料采用 M7.5 浆砌片石, 该挡土墙断面尺寸如图 1 所示。

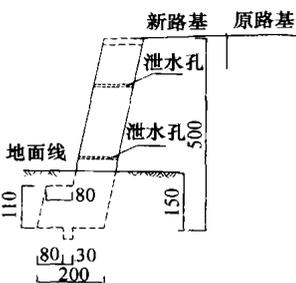


图 1 挡土墙断面图/cm

2 浸水挡土墙抗滑稳定性力学分析

假定挡土墙后的填料

为匀质材料, 由于雨水没能及时排出去造成挡土墙背后路基土中产生的积水高度为 h_1 , 作用在挡土墙上的力系如图 2 所示。图中 E_{ax} 为主动土压力的水平分力; E_{ay} 为主动土压力的垂直分力; G 为挡土墙每延米自重; f 为基底受到的摩擦力; E_p 为凸榫受到的被动土压力; p_1 为墙背受到的静水压力; p_2 为墙胸受到的静水压力; p_3 为基底受到的上浮力。

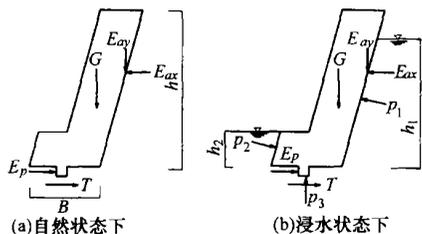


图 2 挡土墙受力示意图

2.1 挡土墙所受的力系

(1) 主动土压力 E_a

填土为砂性土, 假定浸水后, 填土的内摩擦角 φ 值不变; 墙背与填料之间的摩擦角 δ 值不变; 主动土压力系数 K_a 不变^[3]。在墙后填土为水平时, 破裂角 θ 不受浸水的影响, 此时浸水挡土墙墙背的土压力 E 扣除计算水位以下因浮力影响而减小的土压力 ΔE

$$E_a = E - \Delta E$$

$$\Delta E = \frac{1}{2} (\gamma - \gamma') h^2 K_a$$

$$E_a = E - \Delta E = \frac{1}{2} \gamma h^2 K_a - \frac{1}{2} (\gamma - \gamma') h^2 K_a \quad (1)$$

式中, E 为墙背土压力; h 为计算水位以下的墙高, m; γ' 为填土的有效重度, kN/m^3 ; γ 为填土的重度, kN/m^3 ; K_a 为主动土压力系数。

(2) 静水压力 p_1 和 p_2

静水压力 p_1 和 p_2 可以按下式计算

$$p_1 = \frac{1}{2} \gamma_w h_1^2 \sec \alpha_1 \quad (2)$$

$$p_2 = \frac{1}{2} \gamma_w h_2^2 \sec \alpha_2$$

式中, h_1 为水位高度, m; γ_w 为水的重度; α_1 , α_2 分别为墙背和墙面的倾角 (仰斜墙背的倾角采用负值)。

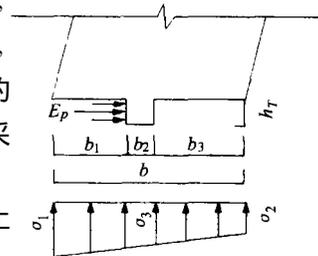


图 3 防滑凸榫计算简图

(3) 凸榫前的被动土压力 E_p

凸榫前的被动土压力 E_p 按郎肯理论求解^[4], 计算简图见图 3。

计算公式为

$$E_p = \frac{1}{2} (\sigma_1 + \sigma_3) \tan^2 \left[45^\circ + \frac{\varphi}{2} \right] \cdot h r \quad (3)$$

式中, σ_1 为墙趾的基底的压应力, kPa; σ_2 为墙踵的基底的压应力, kPa; σ_3 为凸榫前的基底的压应力, kPa; W 为墙重, kN/m^3 ; φ 为填土内摩擦角; hr 为凸榫的高度。

在榫前 b_1 宽度范围内, 因已经考虑了部分被动土压力, 故不计基底摩擦力^[5]。

(4) 基底的上浮力

基底的上浮力 p_3 可用下式计算:

$$p_3 = \frac{1}{3} \gamma_w [\lambda b (h_1 + h_2) - (h_1^2 \tan \alpha_1 + h_2^2 \tan \alpha_2)] \quad (4)$$

式中, λ 为考虑水进入基底的程度的上浮系数; b 为挡土墙基底宽度, m; h_2 为墙胸的浸水高度, m。

由于动水压力对挡土墙的抗滑移影响较小, 不予考虑。

(5) 基底摩擦力

干燥状态下

$$T = \left[\frac{1}{2} \gamma h^2 K_a \cdot \sin(\delta - \alpha) + G \right] \cdot \mu$$

浸水状态下

$$T = \left\{ \left[\left(\frac{b - b_1}{b} \right) \cdot \frac{1}{2} \left[\gamma h^2 - (\gamma - \gamma') h_1^2 \right] K_a \cdot \sin(\delta - \alpha) + W - \left[\frac{1}{2} \gamma_w \lambda B (h + h_1) - (h^2 \tan \alpha_1 + h_2^2 \tan \alpha_2) \right] \right\} \cdot \mu$$

式中, f 为基底的摩擦力; μ 为土对挡土墙基底摩擦系数; δ 为土对挡土墙墙背的摩擦角。

2.2 挡土墙的抗滑移稳定性验算公式的推导

挡土墙的抗滑移稳定性验算用以下公式验算

$$K_c = \frac{\text{抗滑力}}{\text{下滑力}} = \frac{[(E_{ay} + G)] \cdot \mu + E_p}{E_{ax}} \quad (5)$$

式中, K_c 为挡土墙的抗滑稳定性系数。

在干燥状态下挡土墙的抗滑动稳定系数 K_{cg} 为

$$K_{cg} = \frac{\text{抗滑力}}{\text{下滑力}} = \frac{[(E_{ay} + G)] \cdot \mu + E_p}{E_{ax}} = \frac{\left[\frac{1}{2} \gamma h^2 K_a \cdot \sin(\delta - \alpha) + G \right] \cdot \mu + E_p}{\frac{1}{2} \gamma h^2 K_a \cdot \cos(\delta - \alpha)} \quad (6)$$

浸水状态下该挡土墙的滑移稳定性系数 K_g 为

$$K_g = \frac{\text{抗滑力}}{\text{下滑力}} = \frac{\left[\left[\frac{b - b_1}{b} \right] \cdot (E_{ay} + G) - p_2 \right] \cdot \mu + E_p}{E_{ax} + (P_x - P_{1x})} = \frac{\left\{ \left[\left[\frac{b - b_1}{b} \right] \cdot \frac{1}{2} [\gamma h^2 - (\gamma - \gamma') x^2] K_a \cdot \sin(\delta - \alpha) + G - \left[\frac{1}{2} \gamma_w B(h + h_2) - (h^2 \tan \alpha_1 + h_2^2 \tan \alpha_2) \right] \cdot \mu + E_p \right\} \cdot \left[\frac{1}{2} [\gamma h^2 - (\gamma - \gamma') h^2] K_a \cdot \cos(\delta - \alpha) + \frac{1}{2} \gamma_w (h^2 - h_2^2) \right]^{-1}}{\quad} \quad (7)$$

根据工程实例相关资料取参数: $\alpha = -10^\circ$, $\varphi = 30^\circ$, $\delta = 10^\circ$, $\gamma = 18 \text{ kN/m}^3$, $\gamma' = 8 \text{ kN/m}^3$, $G = 6.97 \times 22 = 153.34 \text{ kN/m}$, $h = 5 \text{ m}$, $h_2 = 1.5 \text{ m}$, $K_a = 0.270$, $b = 2 \text{ m}$, $b_1 = 0.8 \text{ m}$, $\mu = 0.3$, $h_r = 0.3 \text{ m}$, $\sigma_1 = 301.1 \text{ kPa}$, $\sigma_2 = 21.93 \text{ kPa}$, $\gamma_w = 10 \text{ kN/m}^3$ 。把这些参数带入抗滑移验算式(7)于是得到

$$K_g = \frac{224.78 - 2.55h_1 - 0.0028h_1^2}{3.65h_1^2 - 8.79} \quad (8)$$

用式(3)算出凸榫前的被动土压力为 183.24 kPa , 在干燥状态下挡土墙的滑动稳定系数 K_c 为 $1.75 > 1.3$ 满足《建筑地基基础设计规范 GB 50007-2002》第

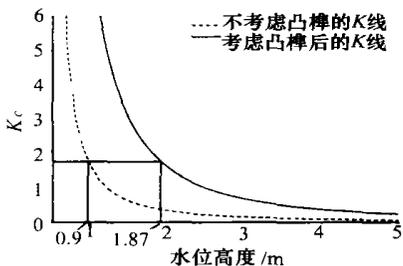


图4 滑动稳定系数 K_c 和水位高度关系

(上接第43页)

结强度平均值与特征值接近。应用试验成果时, 必须根据设锚地层岩体情况确定。

(4) 当锚固体设置地层不满足要求时, 可作加深处理, 加深不经济时采用二次注浆处理。

参考文献:

[1] JTG B01-2003, 公路工程技术标准 [S].

6.6.5条的要求。路基内的水位高度对抗滑稳定系数的影响见图4。

图中可以看出: (1) 路基内的瞬时水位对该挡土墙的滑动稳定系数影响极大, 当路基内的水位高于 1.87 m 时, 抗滑验算即不符合规范要求。(2) 凸榫可以显著提高抗滑力, 本文的挡土墙如不布置凸榫, 抗滑稳定系数为 0.626 不符合规范的要求。

3 结论

(1) 路基由于排水不畅形成的瞬时水位对挡土墙的滑移影响很大, 随着水位的提高该挡土墙的滑动稳定系数很快低于允许值, 进而产生滑移破坏。

(2) 利用凸榫前产生的被动土压力可以显著提高挡土墙抗滑力。

(3) 在修建的过程中路面的排水非常重要, 否则使路基内浸水, 在降水的时候产生瞬时水位, 使挡土墙产生破坏, 造成经济损失。

(4) 本文中假定挡土墙后填料的内摩擦角浸水后不变, 如考虑浸水后的内摩擦角降低的情况则滑动稳定系数将降低更多, 带来的后果也将更严重。

参考文献:

[1] 陈忠达. 公路挡土墙设计 [M]. 北京: 人民交通出版社, 1999.
 [2] 邓学钧. 路基路面工程 [M]. 北京: 人民交通出版社, 2000.
 [3] 吴起星, 田管风. 某重力式挡土墙事故的分析与教训 [J]. 路基工程, 2003, 28 (2): 36-39.
 [4] 何思明, 朱平一. 带抗滑键的挡土墙设计 [J]. 岩石力学与工程学报, 2003, 22 (7): 1211-1215.
 [5] 王金昌. 半刚性基层沥青混凝土路面损伤分析 [D]. 沈阳: 沈阳建筑工程学院土木工程系, 2000.
 [6] 才华, 王雪光. 沥青混凝土路面温度裂缝的研究 [J]. 沈阳建筑工程学院 (自然科学版), 2003, 19 (2): 94-97.
 [7] DU Jia-hong. Foundation Consolidation Technique with Single Direction Swing-Jet Grouting [A]. Proceeding of the 4th PRIC-WJT' 95 [C]. Japan: Shimizu, 1995.
 [8] Baligh M M. Strain Path Method [J]. Journal of Geotechnical Engineering, 1985, 111 (9): 108-136.

[2] JTJ 013-95, 公路路基设计规范 [S].

[3] JTJ 033-95, 公路路基施工技术规范 [S].

[4] 程良奎, 等. 岩土锚固 [M]. 中国建筑工业出版社, 2003.

[5] 梁炯均, 主编. 锚固与注浆技术手册 [M]. 中国电力出版社, 2003.

[6] 陈育书. 高速公路路堑高边坡防护与加固研究 [D]. 同济大学工学硕士学位论文, 2003.