

抗冻胀刚性渠道衬砌层断面设计的探讨

张 宏^{1,2}, 张伯平¹, 牟过斌³

(1. 西北农林科技大学水利与建筑工程学院, 陕西 杨陵 712100;
2. 中交远洲交通科技有限公司, 石家庄 050000; 3. 渭南市石堡川水库管理局, 陕西 渭南 715200)

摘 要: 为找到渠道刚性衬砌层最优断面, 作者从理论上进行了受力分析。结果表明: 圆弧底 U 应为理论最佳断面; 并在不同的地下水埋深情况下, 给出了计算公式。而且在实践中证明了其正确性。
关键词: 渠道; U 形断面; 理论分析; 冻胀
中图分类号: TU 443 文献标识码: A 文章编号: 1005-3409(2006) 01-0256-03

Study of the Anti-freezing Rigid Channel Liner Layer Section Design

ZHANG Hong^{1,2} ZHANG Bo-ping¹, MOU Guo-bin³

(1. College of Water Resources and Architectural Engineering, Northwest Sci-tech
University of Agriculture and Forestry, Yangling, Shaanxi 712100, China;
2. Zhongjiao Yuanzhou Communication Technology Co., Ltd, Shijiazhuang 050000, China;
3. Shibuchuan Reservoir Management Department of Weinan City, Weinan, Shaanxi 715200, China)

Abstract: In order to find out the superior section of the rigid channel liner layer, the analysis of press from the theories was made. The result showed: the arc bottom U should be the best section in theories; under different groundwater deepness, the calculation formula was given. And its accuracy was proved in fact.
Key words: channel; U shape section; analysis of theory; anti-freezing

以前, 由于对渠道含水体发生冻胀时护砌层的受力状态没有明确认识, 只知道护砌面板因土体的冻胀而受力, 从而破坏, 却给不出冻胀时的受力模型。因此, 使得刚性护砌渠道的设计就只考虑水力学及由工程实践获得的各种构造要求, 这对非寒区是可行的, 因为它所受的外力很小, 结构一般不会破坏; 而在寒区, 即不考虑冻胀, 也不进行结构设计, 这明显不合理。事实上, 在季节性冻土地区的混凝土渠道护面, 都会因地基冻胀变形而产生裂缝乃至破坏, 这主要由于以往设计的刚性护砌层的承载力往往小于实际冻胀力。解决问题的核心就是要确定刚性护砌层的在基础冻胀时的受力情况, 给出力学模型, 找到最佳断面, 并求解, 以此作为设计的依据。

1 最优断面的确定

设渠道断面曲线为 $f(x)$ (如图 1)。
法向冻胀力 P 垂直于 $f(x)$, 现假设 P 为一定值(而在实际中, 它是随冻深和含水量的变化而变化), 则 dx 段弧上产生的水平分力 $N_x = Pf(x) dx$, 产生的竖向分力 $N_y = Pdx$ 。 K 为 $f(x)$ 上的任一点, V 为竖向反力, H 为横向反力。则 K 点的弯矩 M 为:

$$M = V_{x_k} - Hf(x_k) - Pf(x_k)^2 / 2 - P_{x_k/2}$$

由于我们在渠系建筑中, 一般用混凝土等刚性材料, 它们的抗拉强度一般很低, 但抗压强度高, 所以一般要求截面上不出现拉力, 因此压力线不应超出截面的核心, 则应 $M = 0$, 从而有:
$$f(x_k)^2 + 2Hf(x_k) / P + (x_k)^2 - 2V_{x_k} / P = 0 \quad (1)$$

由公式 (1) 及实际可知 $f(x)$ 应是对称曲线。设 f 为弧

高, L 为 $1/2$ 弧长, 则:

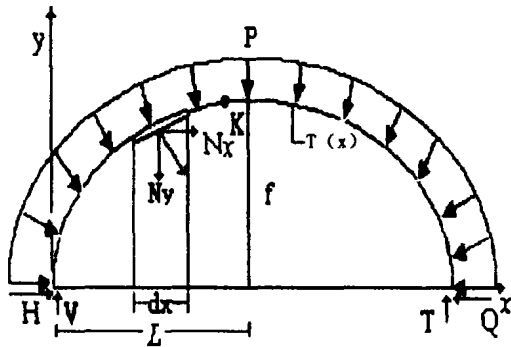


图 1 渠道断面图

$$V = \int_0^L Pf(x) dx = Pf(L) = Pf \quad (2)$$

把 (2) 代入 (1) 得:
$$H = P(fL - f^2 / 2 - L^2 / 2) / f = P(2L - f - L^2 / f) \quad (3)$$

因为 K 点是 $f(x)$ 上得任一点, 所以把 (2) (3) 式代入 (1), 则方程形式可变为:
$$y^2 + (2L - f - L^2 / f)y + x^2 - 2fx = 0$$

可见最佳曲线与 P 无关, 也就是说无论 P 如何变化, 最佳曲线都是圆形, 且圆在面积一定时, 其断面得湿周最小, 水力半径最小, 因为半圆的过水断面截面与圆形水力半径相同, 所以, 在明渠的各种断面形状中, 半圆形断面是水力最佳, 并且使用材料也最省。这时:

¹ 收稿日期: 2005-01-22
作者简介: 张宏 (1977-), 男, 河北人, 在读研究生, 研究方向为岩土工程。

(4) 抛物线形: 方程为: $y=0.75x^2$, 顶宽为 4 m, 混凝土当场现浇, 渠底中心设冻胀缝。

表 4 试验结果						
地下水埋 深	断面形 式		冻深/ m	冻胀 量/cm	残余 变形/ cm	不均匀系数 $k(10^{-3})$
3 m	直板	渠坡	153.7	4.63	1.8	10.2
	梯形	渠底	96.1	12.6	3.6	96
	弧底	渠坡	148.7	4.57	1.2	4.8
	梯形	渠底	95.5	11.02	1.9	31.1
	U	渠坡	156.6	3.14	0.8	1.45
	形	渠底	97.2	6.53	1.5	11.3
	抛物	渠坡	149.3	4.64	1.1	13.4
	线形	渠底	93.2	10.8	2.1	25.6
5 m	直板	渠坡	70.2	3.02	1.3	8.6
	梯形	渠底	55.3	6.03	2.4	85
	弧底	渠坡	71.9	3.06	1.0	2.3
	梯形	渠底	54.8	5.98	1.8	20.6
	U	渠坡	69.6	2.86	0.6	0.68
	形	渠底	53.5	4.56	0.9	6.13
	抛物	渠坡	72.1	2.98	0.9	7.9
	线形	渠底	56.2	5.43	1.6	12.3

2.2 试验结果

试验结果如表(4)。由于渠道各部位表面温度的差异, 含水量及地下水位不同, 冻深分布是不均匀的, 但不同形式的参考文献:

[1] 徐 祖. 中国冻胀研究进展[J]. 地球科学进展, 1994, 9(5): 13– 19.
[2] 刘鸿绪. 法向冻胀力计算[A]. 冰川冻土, 1981, 3(2): 13– 17.
[3] 徐绍新. 论季节冻土区基础的冻胀力[A]. 第三届全国冻土学术会议选集[C]. 北京: 科学出版社, 1989. 175– 178.
[4] 朱强. 我国渠道冻胀防治综述[J]. 防渗技术, 1996, 2(3): 7– 17.
[5] 刘鸿绪. 再论冻胀量与冻胀力之关系[J]. 冰川冻土, 2001, 23(1): 63– 66.

(上接第 183 页)

山脉两侧。牵引式滑坡大多分布在狭窄的河谷两侧, 推移式滑坡主要是分布在张性断裂带下部、公路沿线。土质滑坡与岩质滑坡几乎各占一半。地裂缝多为地震地裂缝, 也有地面塌陷引起的地裂缝。地面塌陷主要出现在地热集中开采的羊八井盆地以及拉萨市地下水集中开采的地段。

该区面积占全区 20% 强, 灾害数量占整个自治区灾害数量的 35%, 分布密度较大。由于本区是由高山、湖盆相间分布, 在藏南山原湖盆宽谷区内, 分布着许多现代湖盆和古湖盆, 地形平缓, 海拔相对较低, 是西藏农牧业比较集中的地区, 灾害分布相对稀疏; 而分布在雅鲁藏布江中游流域的河谷区, 包括尼洋曲、拉萨河、年楚河和多雄藏布等大支流在内, 为西藏高原的一个“低槽”。沿雅鲁藏布江干流谷地, 海拔高度从萨葛附近的 4 500 m 以上至米林县派乡附近降至 2 800 m。沿江高山海拔都在 6 000 m 左右, 地形起伏较大, 该区灾害分布相对密集。

5.3 DL——低危险度区

西藏自治区的低危险度区主要指藏西、藏北地区, 包括两个面积最大的地区阿里和那曲。灾害类型以冻涨融沉、小参考文献:

[1] 乔建平. 滑坡危险度区划[A]. 滑坡减灾理论与实践[M]. 北京: 科学出版社, 1997. 119– 146.
[2] 乔建平. 长江上游滑坡危险度区划及分区研究[A]. 滑坡研究与防治[M]. 成都: 四川科学技术出版社, 1996. 29– 47.

渠道断面冻深差异不大。但渠底的冻胀量大于渠坡, 同一部位, 地下水位深的, 冻胀量小; 而且在不同形式渠道断面中, 在不同的地下水埋深情况下(深埋和浅埋), U 形无论从渠坡或渠底, 它的冻胀量都是最小; U 形渠残余变形渠坡和渠底在地下水浅埋情况下分别仅为 0.8 cm 和 1.5 cm, 在地下水深埋时为 0.6 cm 和 0.9 cm, 都是不同截面残余变形中最小的, 并且没有逐年累加现象; 各断面的最大不均匀系数都发生在渠底, 在地下水深埋和浅埋时, 直板梯形的最大 k 值分别为 85×10^{-3} 和 96×10^{-3} , 弧底梯形最大 k 值分别为 20.6×10^{-3} 和 31.1×10^{-3} , 而 U 形最大 k 值仅为 6.13×10^{-3} 和 13.4×10^{-3} , 抛物线形最大 k 值为 12.3×10^{-3} 和 25.6×10^{-3} , 可见 U 形渠的不均匀系数也是最小的。

由于 U 形在理论上, 它的力学性能是最好的, 并且在实践中也证明了这一点。可见它相对其它断面来说, 即节省了建筑材料, 同时也具有最优的力学特性。但在这里我们忽略了 U 形上面竖向混凝土板所受的法向冻胀力的影响, 而这是有一定范围的, 在力学上很难计算, 但在实践中, 试验证明 U 形渠流量小于 $4\text{ m}^3/\text{s}$, 半径不大于 1.5 m 为宜。

3 结 论

- (1) 从理论证明了半圆应是最佳渠道。断面, 但在实际中, 要用混凝土竖向板提供反力, 作者给出了它的长度计算公式, 以及渠道衬砌厚度的计算方法。
(2) 通过试验, 作者也证明了 U 形断面。在流量小于 $4\text{ m}^3/\text{s}$, 半径不大于 1.5 m 时, 是最优截面。