

The Structure Analysis To Retaining Wall Of High Fill Embankment Over V-Shaped Gully

Yijun XIAO

College of Civil Engineering, Chongqing Jiaotong University, Chongqing, 400074, China

Abstract: In recent years, the traffic construction of our country grows vigorously. Especially, As the development of the western region in China, The construction of the highway gradually turned to the west. Because of The special terrain condition ,it will inevitably appear high fill embankment. Especially in the area along the river zone, V-shaped gully is everywhere. It is very important that slope instability of high fill embankment with V-shaped gully is bound to affect the normal operation of the highway. Therefore, it is necessary to strengthen research for the stability of high fill embankment with V-shaped gully. The deformation and stress of both linear gravity retaining wall and vaulted gravity retaining wall were analyzed systematically through numerical calculation method in this paper. The results showed that values of the deformation and stress of linear gravity retaining wall were that of radius increased to infinity for vaulted gravity retaining wall, and the values of vaulted gravity retaining wall were smaller than linear gravity retaining wall. This means that vaulted gravity retaining wall was more safe and reliable than linear gravity retaining wall.

Keywords: V-shaped gully; High fill embankment; Retaining wall; Deformation

V 型冲沟内高填方路基挡土墙结构形式分析

肖翌均

重庆交通大学土木工程学院, 重庆 400074

摘要: 近年来,我国交通建设事业得到了前所未有的发展,特别是西部大开发战略的实施,高速公路的建设不断向西部偏远山岭重丘区转移。但由于西部地区特殊的地势条件,在跨越冲沟地带时自然就会出现高填方路基。特别是在沿着河岸线的傍山公路,更是出现很多 V 型冲沟。而 V 型冲沟下的高填方路基的边坡失稳又必然会给高速公路的建设和维护带来诸多困难。因此,有必要对 V 型冲沟地形条件下的高填方路基的稳定性加强研究。本文叙述了 V 型冲沟下的高填方路基受力特点和曲线形挡土墙的受力特点,并采用数值计算的方法,分析了直线形挡土墙与曲线形挡土墙的相关应力应变,并得到如下结果:如果将曲线形挡土墙的半径无限增大,那么它所对应的变形与应力可看作是直线形挡土墙的应力应变,但曲线形挡土墙都比直线形挡土墙小,说明曲线形挡土墙较直线形的更安全、可靠。

关键词: V 形冲沟;高填方路堤;挡土墙;变形

1 引言

众所周知,我国西部地区地貌奇特、地形复杂,在这种特殊地质条件的山区修建公路,必然避免不了横跨冲沟,而跨越冲沟时常常选用填方路堤这种结构,所以路基稳定性显得尤为重要。而西部地区往往还是高填方路基,使得路基的受力情况又复杂了许多。

所谓冲沟,其特征是沟谷有一定的纵坡,和陡坡相比,冲沟的两侧对路堤填方体起了一定的约束作用,对整个填方体的下滑力也有一定的削弱作用。但

这并不意味着可以不考虑其稳定性问题。在实际工程中,还是需要在路堤边坡脚处修建支挡结构物进行支护。目前,路堤支挡物结构类型众多,在这之中,挡土墙的运用最为广泛。因此,国内许多学者对于挡土墙的结构形式进行了许多优化,除了传统的直线形挡土墙,还出现了曲线形挡土墙。

2 V 型冲沟填方路基挡土墙受力特点

V 型冲沟在西部山区中是一种比较常见的地形。V 字型冲沟,是指从坡脚至坡顶随着高度的增加,填筑路基的宽度也逐渐由窄变宽,由于上方土体较宽,

自稳过程中受岸坡的约束，其两侧的水平土压力将集中指向沟心坡脚处，由于这种土压力方向的特殊性，挡土墙的受力作用也变得更加的复杂多变。但是，正是由于坡岸的约束，拱的作用便能体现出来了。特别是在较窄的V型河谷，“拱”的作用被放大，

“梁”的作用相对就减小了，坝就可以做得很薄。相反，随着河谷变宽，“拱”的作用逐渐减小，坝体就会变得很厚。一般来说，当宽高比小于1时是最适合修建拱坝的，因为这种情况下大部分的荷载都由拱圈来承受，梁的作用就没有那么明显了；当宽高比大于3时，拱坝仍然具有比较明显的优势，如果岩质条件可以，还是应当优先考虑拱坝；但是当宽高比大于5时，“拱”能够分担的荷载就很小了，此时承受主要荷载的就是“梁”了，坝体的厚度也会跟着增加。西部山岭重丘区V型冲沟填筑的路堤普遍较高，一般都在20-40m之间，部分地方甚至有超过40m的超高路基，复杂的地质条件使得V型冲沟处路基的施工要比一般地质条件下的路基施工困难的多，工程造价也相对较高[1]。由于复杂地形因素的影响，在进行路基沉降和稳定性分析时更加困难。因此，国内有不少学者开始提出将重力式挡土墙做成曲线型，也就是拱形，这样就使得挡土墙既具有拱了的承压优点，也充分发挥了混凝土材料的抗压强度，更重要的是它可以有效地压缩挡土墙的宽度，使得挡土墙变薄，在减少混凝土的自重的同时，节约了混凝土的用量，大大减少了挡土墙的工程造价。

3 曲线型挡土墙的特点

V型冲沟高填方路堤曲线型挡土墙与拱坝类似，都是在平面上呈一个弧形并凸向河沟（流）上游的拱形建筑物，因此也可以叫它拱墙。这种结构的作用在于它能借助拱的特点将压力的部分甚至全部传给河谷两岸的基岩。两者的不同在于传递的压力，曲线型挡土墙传递的是土压力，而拱坝传递的是水压力。

而与一般重力式挡土墙相比，曲线形挡土墙有着自身明显的特点。它的稳定主要是利用拱形两端基岩的反作用来支承，而一般重力式挡土墙则需要自身的重力来维持。曲线形挡土墙拱圈截面上主要承受轴向反力，充分利用了墙身的材料强度。因此，这种形式的挡土墙兼备经济性和安全性[2]，见图1。

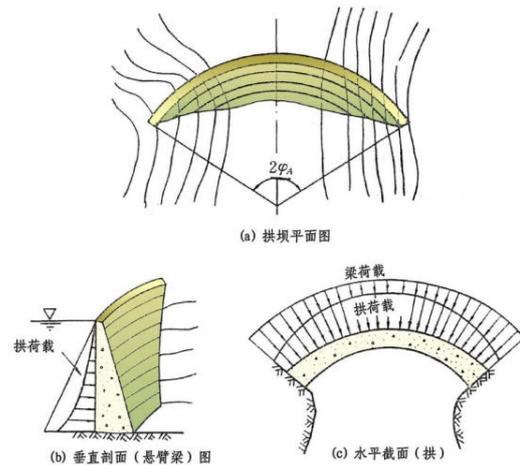


Figure 1. Schematic diagram of the Arch dam
图1 拱坝示意图

3.1 曲线形挡土墙具有良好的受力特性

曲线形挡土墙（拱墙）是一种采用固接方式与基岩连接在一起的空间壳体结构，在平面上成凸向上游的拱形，拱冠剖面成竖直或向上游弯曲。拱体结构是由水平的拱圈和竖向的悬臂梁共同组成。拱墙所受到的水平荷载一部分通过水平拱的作用传递给两岸的基岩，另一部分通过竖向的悬臂梁的作用传递到坝底基岩，如图1所示。因此，拱墙结构具有拱和梁双重作用的特点，墙体的稳定主要依靠两岸的拱座，其次是依靠自重；拱为轴向受力，应力分布均匀，材料强度得到充分发挥，较同高度的重力墙可节省较大的工程量。同时，拱墙是一种极高超静定度的超静定结构，拱和梁具有自行调整应力分布的功能，有较墙强的承载能力。总的来说，由于拱墙主要是以承受压力为其受力状态，所谓能将混凝土材料的抗压性能发挥到极致，但其荷载分布情况及工作条件自然也是更为复杂。

3.2 曲线形挡土墙具有较佳的经济性

曲线形挡土墙（拱墙）由于其墙体受力特点，和其他结构形式的混凝土墙体相比，混凝土的用量得到了节约，大大降低了墙体造价。国内一些专家认为，拱墙所需的混凝土为同规模重力墙的1/3~2/3。因此在狭窄的冲沟内，如果地质条件许可，曲线形挡土墙必然是首要考虑的墙体结构形式。

3.3 曲线形挡土墙具有较好的安全性

由于曲线形挡土墙（拱墙）有着其特殊的受力模式，决定了它能够比一般挡土墙承受更多的荷载。就如安德烈·柯恩的话：“其强度随荷载的增加而增长，类似一种自紧式的塞子，愈压愈紧”。其实，拱墙不仅仅是一种“塞子”，它是一种“特殊的塞子”[3]，这是由其体形特点决定的。拱墙是一种具高度超静定度的超静定结构，其“超静定方式”很有利，调整能力强，这不是其他任何重力式挡土墙都不能达到的。从国内外许多研究人员做过的模型试验上来看，拱墙的超载安全度在4~11左右，这种超载安全度的范围绝非重力型拱墙所能及

界条件是底面为固定约束，侧面为水平约束，荷载只考虑重力荷载，屈服准则采用DP3[5-10]。沟床基岩与挡土墙假设为理想弹性体，路基填料假设为弹塑性体。在计算时，将半径设为变量，半径分别为分别是20m、25m、30m、35m、40m，共计5种。

4 两种形式挡土墙的受力对比

4.1 计算参数与计算模型

1) 计算参数

数值计算采用大型有限元软件 ANSYS10.0。一般重力式混凝土挡土墙墙顶最小宽度不宜小于0.5m，由于墙背填土高，土压力大，计算时以墙顶宽为1m控制，沟底宽度设置为10m，岸坡坡度为30°，沟底纵坡为10%。其他具体参数如表1。

Table 1. Calculation parameters for analysis
表 1. 计算参数分析表

项目	容重 (kN/m ³)	粘聚力 (kPa)	内摩擦角(°)	泊松比	弹性模量 (MPa)
填料	21.8	16	35	0.35	38
基岩	26.0	/	/	0.3	800
挡土墙	25.0	/	/	0.14	28500

需要注意的是，混凝土挡土墙的材料必须符合《公路圬工桥涵设计规范》（JTG D61-2005）中对最低强度的相关规定。

2) 计算模型

图2~5（单位：m）是直线形挡土墙与曲线形挡土墙的三维建模。曲线形挡土墙的墙顶宽与直线形挡土墙顶宽相同，也设置为1m，墙身高度根据墙后填土高度而变化，沟心最高为15m。

本数值计算采用的软件为 ANSYS10.0，计算单元采用20节点实体单元 SOLID95，有限元模型的边

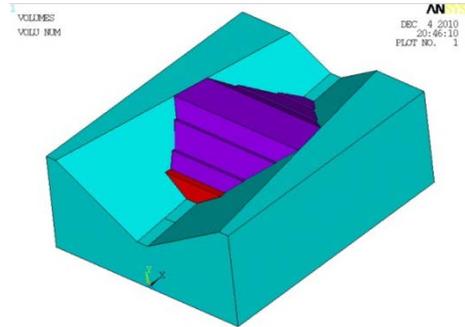


Figure 2.A 3D finite element model(linear)
图 2. 挡土墙三维有限元计算模型（直线式）

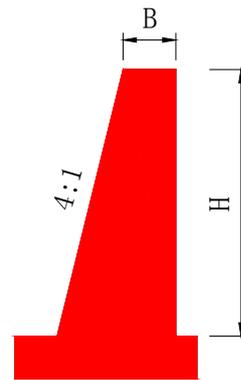


Figure 3. Cross section of retaining wall
图 3. 挡土墙横截面（直线形）

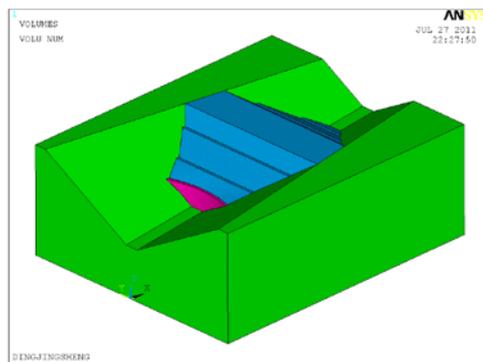


Figure 4.A 3D finite element model(vaulted)
图 4. 三维计算模型（曲线形）

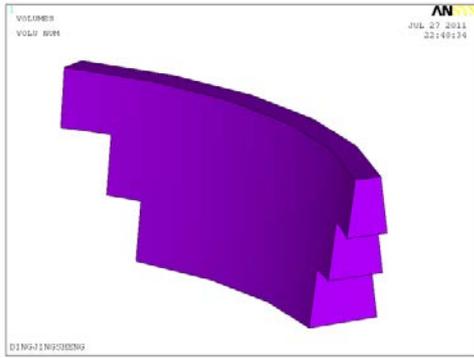


Figure 5. Curved retaining wall
图 5. 曲线型挡土墙

4.2 受力分析

首先建立没有任何支挡结构物的填方路堤模型，利用强度折减法计算得出相应的路堤安全系数，然后将对应折减后的所有参数输入软件对两种支挡形式的路堤进行受力分析，计算结果见表 2。

Table 2 . Calculation results

表 2. 计算结果表

拱径 (m)	变形 (mm)			第一主应力 (Mpa)	第三主应力 (Mpa)
	UX 最大值	UZ 最大值	USUM 总变形	S1最大值	S3最小值
20	0.285	2.027	2.048	1.37	1.9
25	0.335	2.449	2.475	1.61	2.02
30	0.358	2.781	2.812	1.82	2.23
35	0.368	3.041	3.075	1.94	2.40
40	0.368	3.233	3.268	2.08	2.54
直线式	0.178	4.171	4.210	2.78	3.26

注：表中应力的符号为：正值为拉应力，负值为压应力；UZ为沿沟底纵坡方向的最大水平位移。

从表 2 可知，产生明显变形的是顺沟方向，曲线形挡土墙的半径逐渐增大，曲率则逐渐变小，并且半径越大，最终越趋于直线型。与此同时，变形和及应力也随着一起增加。沿沟底纵坡方向的最大水平位移和最大拉应力、最大压应力随半径 R 的变化趋势如图 6 和图 7 所示。

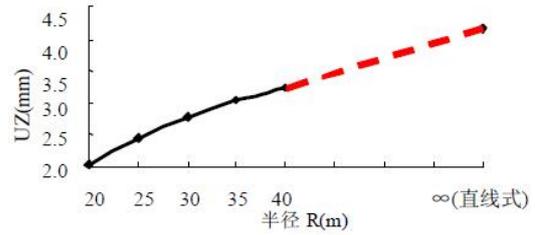


Figure 6. Correlation curves of z-axis maximum horizontal deformation and radius

图 6. 沿沟底纵坡方向的最大水平位移与半径关系曲线

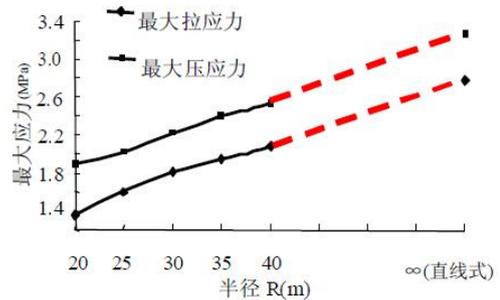


Figure 7. Correlation curves of maximum stress and radius

图 7. 最大应力与半径关系曲线

总结图 6 和图 7 不难发现：沿沟底纵坡方向的最大水平位移、最大压应力与最大拉应力随曲线形挡土墙的半径增加基本上呈线性增加；那么，如果半径增加到无穷大时，那么曲线形挡土墙就变化为直线形挡土墙了，此时沿沟底纵坡方向的最大水平位移、最大压应力与最大拉应力是最大值，而这里的最小值是单圆心拱墙的半径为 20m 时所对应的值。这说明了重力挡土墙的变形和应力与墙体的几何形状有关系，曲线形挡土墙的半径越小，其总变形与最大拉、压应力也越小，也就是说曲线形挡土墙比直线形重力挡土墙更为优化，更安全、更可靠。

5 结语

综上所述，曲线形挡土墙能够最大范围的发挥混凝土的抗压性能，减少混凝土用量，降低挡土墙造价，同时相比重力式挡土墙更为优化、安全。因此，在西部山区 V 型冲沟内高填方路基中使用曲线形挡土墙这一结构形式较为适合。同时，通过数值计算，还可得出以下结论：

(1) 在 V 型冲沟高填方路基段的相同位置设置不同半径的曲线形挡土墙，挡土墙的半径增大，变形以

及应力随之增加，当半径增大为无穷大时，即直线形挡土墙，此时变形以及应力达到最大。

(2)从总变形与最大拉、压应力的计算结果可知曲线形挡土墙都比直线形挡土墙小，说明曲线形挡土墙较直线形挡土墙更安全、可靠，在实际工程中可以采纳使用。

References (参考文献)

- [1] Li Xinzhen, Hu quanxiu, Zhang laifu. Design and Consideration of V-shaped Gully with High Filling Roadbed and Debris

Retaining Wall in the ThreeGorges Reservoir Area[J]. Road and Bridge Engineering, 2009, 8(69):33-34

李信臻, 胡泉秀, 张来福. 三峡库区“V”形冲沟内高填方路基、拦渣坝挡墙的设计与思考[J]. 道桥工程, 2009, 8(69):33-34

- [2] Ren Delin. The Hydraulic Structures[M]. Nanjin: Hohai University Press, 2004

任德林. 水工建筑物[M]. 南京: 河海大学出版社, 2004

- [3] Ding Jinsheng. Stability Study of Super High Fills Subjected to Multi-Layered and Multi-Directional Loadings over V-Shaped Gully [Ph. D. Thesis][D], 2011

丁静声. V型冲沟多层多向荷载作用下超高路堤整体稳定性研究[D]. 重庆交通大学博士论文, 2011年