

土工合成材料在南水北调中线穿黄工程北岸渠道中的应用

王新奇,罗毅,罗涛

(黄河勘测规划设计有限公司,河南 郑州 450003)

摘要:为降低南水北调中线一期穿黄工程北岸连接渠道浸润线,减小渗漏量,采用复合土工膜进行防渗。北岸渠道经过老蟒河,采用河道倒虹吸的方式进行交叉。由于倒虹吸进出口渐变段挡土墙较高,挡土墙稳定是工程设计的一个问题,采用土工格栅对挡土墙后的土体进行加固处理,使得挡墙满足稳定要求。

关键词:南水北调工程;穿黄工程;渠道防渗;土工合成材料;复合土工膜

中图分类号:TV861;TV441 文献标识码:B 文章编号:1006-7647(2009)S1-0196-03

南水北调中线一期穿黄工程(以下简称穿黄工程)位于郑州市以西约 30 km 处,于孤柏嘴山湾横穿黄河,是南水北调中线的控制性工程。穿黄工程总体布置自南向北依次为:南岸连接渠道、退水建筑物、进口建筑物、穿黄隧洞、出口建筑物、北岸连接渠道等,全长 19.3 km。

穿黄工程北岸连接渠道长 9 968.03 m,梯形断面,渠道底宽为 8 m,渠道边坡坡比为 1:2.25,渠道有全挖、半挖半填和全填 3 种断面形式。渠道最大填方高度约 9 m,防渗材料全部采用复合土工膜。北岸连接渠道穿越老蟒河,采用河道倒虹吸的形式。倒虹吸 3 孔 1 联,横断面尺寸为 6.9 m×6.9 m。因与管身段连接的挡墙高度较大,为保持挡墙稳定,采用土工格栅进行处理。

1 北岸渠道复合土工膜设计

1.1 复合土工膜防渗设计

北岸渠道内坡及底板采用 C20W6F150 聚丙烯

纤维混凝土衬砌,厚度 0.10 m。选取 13+200 断面进行渗流计算,图 1 为设土工膜和不设土工膜渗流计算结果。结果表明,在渠堤不设复合土工膜时,浸润线过高,单宽渗流量为 $3.1 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}/\text{m}$ 。增加土工膜防渗后,浸润线显著降低,单宽渗流量减小为 $1.5 \times 10^{-7} \text{ m}^3/\text{s}/\text{m}$ 。

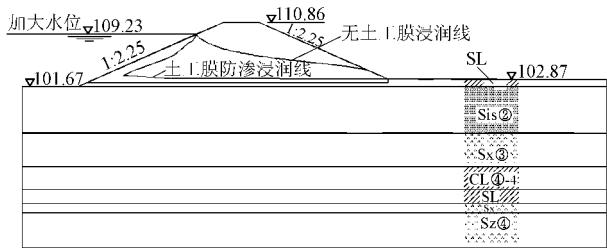


图 1 北岸渠道渗流计算结果(单位:m)

因此,南水北调中线一期穿黄工程北岸渠道混凝土衬砌板下铺设复合土工膜加强防渗,其下为聚丙烯保温板。北岸渠道典型横断面见图 2。

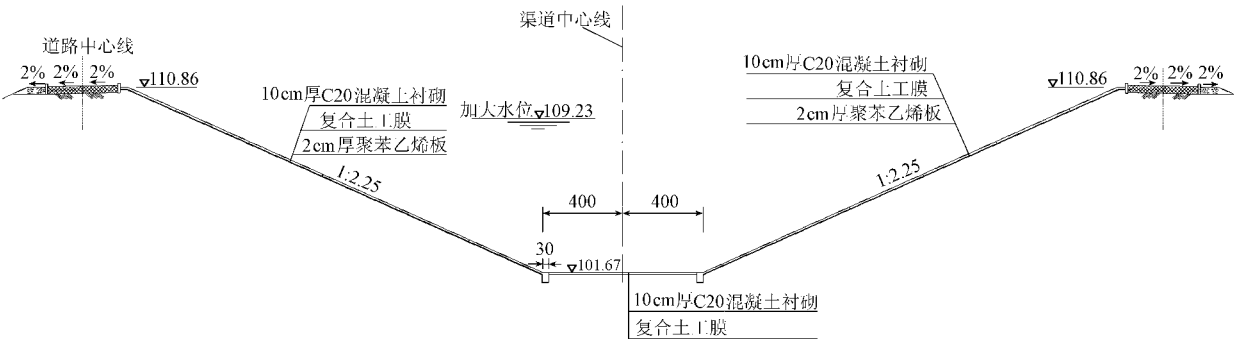


图 2 南水北调中线穿黄工程北岸渠道防渗典型横断面(高程单位:m,尺寸单位:cm)

1.2 沿复合土工膜与基土抗滑稳定计算复核

初步设计阶段,为提高复合土工膜的抗滑稳定性,将复合土工膜下的基础设计为台阶状。但台阶施工开挖难度较大,开挖成形困难,施工质量不易控制,且施工效率低,对施工进度影响较大。为此,对土工膜采用平铺方式进行稳定复核。

复合土工膜上部为混凝土板,其抗滑稳定单独采用上部为散粒体材料的摩擦公式 $K = \frac{\tan \varphi}{\tan \alpha}$ 不能确切反映其破坏形态。综合考虑边坡的结构形式,采用推力传递法进行计算。

1.2.1 计算方法

按《堤防工程设计规范》中坡式护岸稳定公式计算,其计算假定及公式如下:土工膜与渠堤土是2种不同抗剪强度的材料,水位较低时往往沿抗剪强度较低的接触面向下滑动(见图3)。假定滑动面经过坡前水位和坡岸滑裂面的交点,全滑动面为FABC折线。折点A以上护坡体产生滑动力,依靠下部护坡体的内部摩阻力平衡。

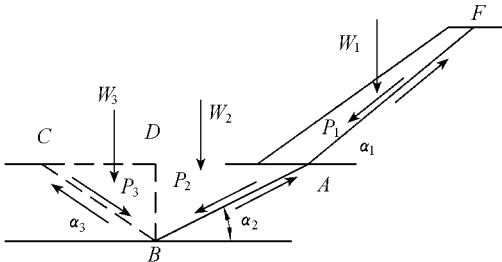


图3 沿土工膜抗滑稳定计算简图

维持极限平衡所需的护坡体内部摩擦系数 f_2 按下列公式进行计算:

$$P_1 = W_1 \sin \alpha_1 - \frac{f_1}{K} W_1 \cos \alpha_1$$

$$P_2 = W_2 \sin \alpha_2 - W_2 \cos \alpha_2 \frac{\tan \varphi}{K} - \frac{c}{K} \frac{t}{\sin \alpha_2} + P_1 \cos(\alpha_1 - \alpha_2)$$

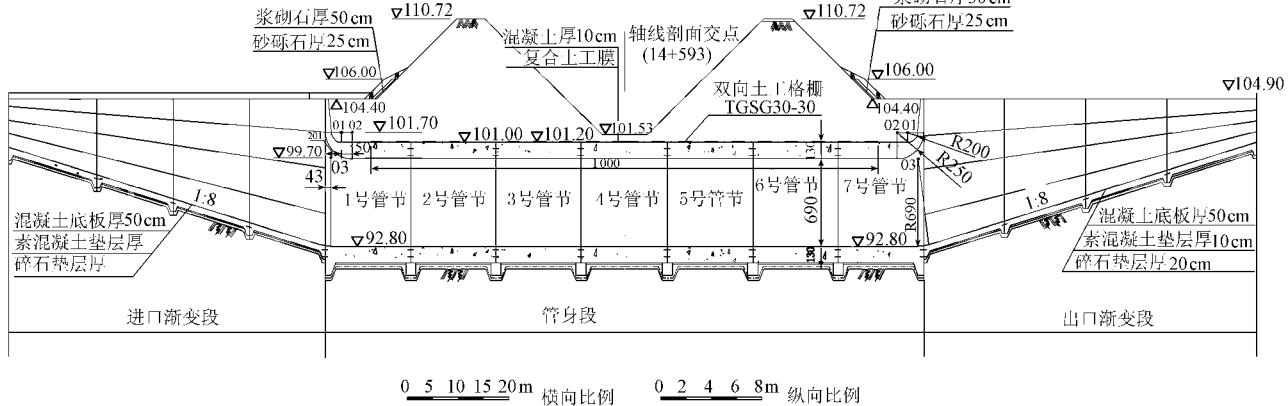


图4 老蟒河倒虹吸纵断面示意图(高程单位:m)

$$\frac{W_3 \sin \alpha_3 + W_3 \cos \alpha_3 \frac{\tan \varphi}{K} + \frac{c}{K} \frac{t}{\sin \alpha_3} + P_2 \sin(\alpha_2 + \alpha_3) \frac{\tan \varphi}{K}}{P_2 \cos(\alpha_2 + \alpha_3)} = 1$$

式中: c 为基础土的黏聚力,kPa; f_1 为护坡与土坡的摩擦系数; φ 为基础土的摩擦角($^\circ$); t 为滑动深度,m; W_1 为护坡体的压力,kN; W_2 为基础滑动体ABD的压力,kN; W_3 为基础滑动体BCD的压力,kN。

1.2.2 计算工况

根据南水北调中线一期工程总干渠初步设计专用技术标准,北岸衬砌、防渗体计算工况及荷载组合见表1。

表1 北岸渠道衬砌抗滑稳定计算工况、荷载及安全系数

工况	荷载存在情况			安全系数	
	自重	水重	扬压力	抗滑	抗浮
正常	✓	✓	✓	1.3	1.1
非正常	✓	✓	✓	1.2	1.05

注:正常工况下,设计水深、加大水深时地下水稳定渗流;非正常工况下设计水位骤降0.3m。

1.2.3 计算参数及计算结果

复合土工膜与渠堤土之间摩擦系数 f_m 的取值参照《土工合成材料工程应用手册》,同时参考实际已建工程经验,考虑复合土工膜加糙,复合土工膜与渠堤土之间的摩擦系数 f_m 选用0.5,水位以下混凝土按浮密度计。

根据以上参数选择及计算工况,北岸连接渠道正常工况下抗滑安全系数计算值为1.9X(允许值为1.30),非正常工况下抗滑安全系数计算值为1.77(允许值为1.20)。计算结果表明,北岸渠道边坡沿土工膜和基土之间的滑动能满足抗滑稳定要求。

2 老蟒河倒虹吸挡墙土工格栅设计

北岸连接渠道老蟒河河道倒虹吸(图4、图5),3孔1联,横断面尺寸为6.9m×6.9m。

进口渐变段长度为62.40m,采用直线扭曲面形

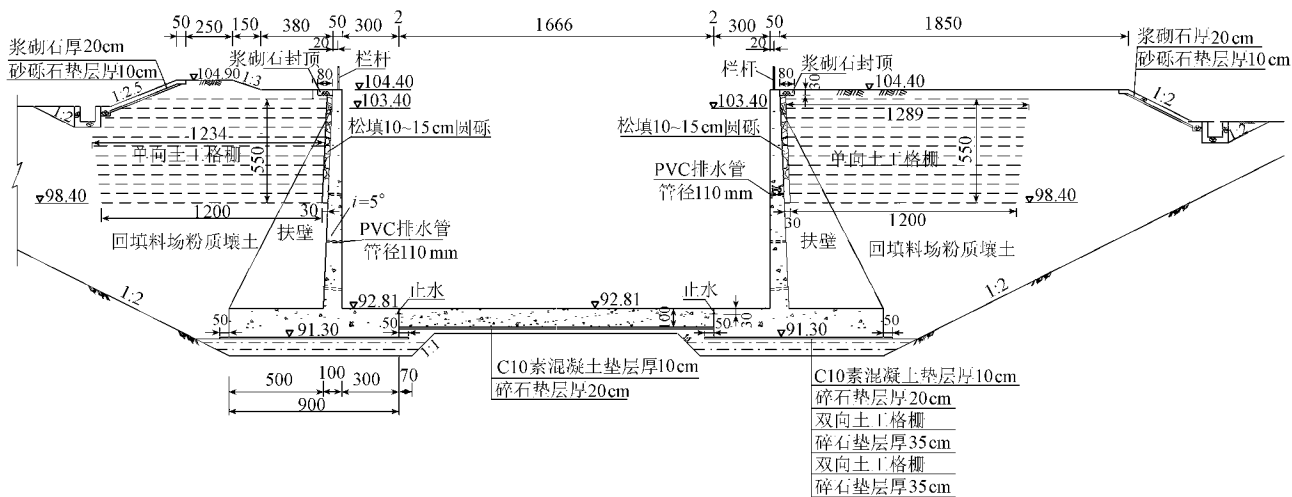


图5 老蟒河倒虹吸渐变段横断面(高程单位:m,尺寸单位:cm)

式,底部高程为 100.6 ~ 92.8 m,坡度为 1:8,包括挡土墙和底板 2 部分。渐变段均采用 C25 混凝土浇筑。经计算,若不采取处理措施,倒虹吸渐变段挡墙的稳定性不能满足要求,为此采用土工格栅进行加固处理,分担挡墙部分土压力。

2.1 土压力计算

根据挡土墙稳定计算结果分析,加筋挡墙需要承担挡土墙后回填土 50% 的土压力。根据挡墙稳定需要进行土工格栅的布置,见图 6。由库伦土压力公式计算,加筋范围内承担的土压力为整个高度范围内土压力的 50%,满足设计要求。计算结果如图 7 所示,图 7(a)表示整个高度 H_1 范围内的土压力,图 7(b)为加筋范围 H_2 的土压力。

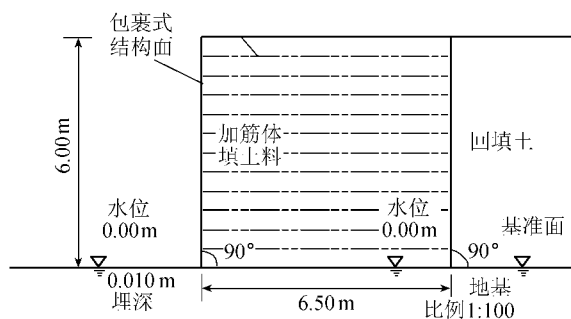


图 6 土工格栅加筋简图

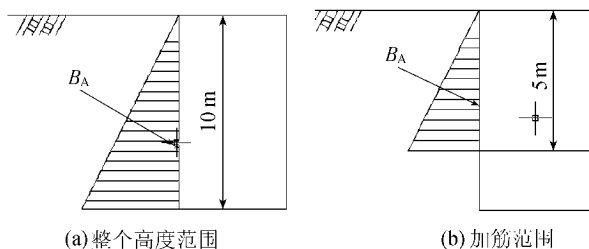


图 7 土压力计算简图

基本参数如下: $\rho = 1\,900\text{ kg/m}^3$, $H_1 = 9.7\text{ m}$, $H_2 = 5\text{ m}$, 附加荷载 $P = 0$ 。

2.2 加筋土结构计算

土工格栅设计强度为 14.34 kN/m。相互作用系数如下 抗拔系数为 0.9 抗滑系数为 0.8。

计算结果如下:①抗滑稳定验算:根据计算,抗滑稳定安全系数为 3.171,满足规范安全要求。②承载力验算:根据计算,合力偏心距为 0.121 m;合力作用的位置位于底边三等分段的中段内,满足规范安全要求。

3 结 语

a. 穿黄北岸渠道采用复合土工膜进行防渗能有效地降低浸润线,减小渗流量,作为防渗材料是合适的。

b. 老蟒河倒虹吸采用土工格栅进行加固处理，能够保证挡墙的稳定。

参考文献：

- [1] GB 50286—98 堤防工程设计规范[S].
- [2]《土工合成材料工程应用手册》编委会.土工合成材料工程应用手册[M].北京:中国建筑工业出版社,2000.

(收稿日期 2009-07-28 编辑:高建群)

