

塑料盲沟材料性能指标初探

武良金¹, 吴福生², 刘永强¹, 刘家豪¹

(1.河海大学水利水电工程学院,江苏 南京 210098;2.南京水利科学研究院,江苏 南京 210029)

摘要 对新型土工合成材料——塑料盲沟的原材料、形式和工程特性作了介绍.根据该材料的工程特性提出了表面开孔率、空隙率、通水量、抗压强度等可作为塑料盲沟的基本性能指标.重点介绍了塑料盲沟表面开孔率、通水量和抗压强度的试验方法和结果.初步研究结果表明:塑料盲沟具有较好的集水、排水、抗压性能和耐久性.

关键词 塑料盲沟;土工合成材料;材料性能;通水量

中图分类号 :TV442⁺.3 **文献标识码** :A **文章编号** :1000-198X(2003)03-0264-04

盲沟又称暗沟、暗渠等,主要作用是集排土中渗水,以减小地下水压力,防止土体和建筑物因渗透变形而造成破坏.随着高分子材料的发展,国外在 20 世纪 70 年代开发出的塑料盲沟克服了传统盲沟表面开孔率低、抗压强度小、耐久性差、施工不便等缺点,因而在土木、水利、矿山、环境保护等建设项目的地下集排水工程中得到迅速推广.河海大学于 20 世纪 80 年代中期在国内率先开展了塑料盲沟的研制工作,并在 90 年代初研制出国内第一代产品.目前,国内已可批量生产塑料盲沟,产品有十多个品种.国内的一些重点工程,如:宁靖盐高速公路、福宁高速公路、广州地铁、上海港地基处理工程等大量应用了塑料盲沟,并取得预期的效果.

1 塑料盲沟的材料、形式和特性

1.1 材料

塑料盲沟由塑料芯体和外包土工布滤膜两种材料构成.塑料芯体以聚丙烯(PP)、聚乙烯(PE)为主要原料,经过配方改性,由挤塑机挤压出细的塑料丝束,由成型装置将塑料丝打乱并在结点上熔接,形成丝瓜络式的结构.塑料芯体的作用是支撑透水滤膜,以抵抗外力并形成通水空间.包裹在芯体外的滤膜由土工布制成,一般用短纤针刺土工布或长丝热粘土工布,重量为 90~250 g/m²,也可用尼龙丝网,这由设计人员根据现场土质情况选用.

1.2 形式

目前国内可生产的塑料盲沟有 6 种形式:矩形、中空矩形、双中空矩形、圆形、中空圆形、多孔圆形.一般来说,中空型和多孔型的塑料盲沟空隙率大、排水性较好,而矩形、圆形塑料盲沟的耐压性能较好,可根据工程耐压和排水要求选用.

1.3 工程特性

塑料盲沟的材料和结构特点决定了它具有以下的工程特性:

a. 表面开孔率高,集水性能强.芯体表面弯曲的塑料丝起到以点支撑透水滤膜的作用,就像用细棍支撑帐篷一样,用很少的支点支撑滤膜,将盲沟芯体表面不透水部分减少到最低程度,因而塑料盲沟的表面开孔率要远远高于其它传统盲沟,集水性能强.

b. 空隙率大,排水性好.塑料盲沟芯体外形象丝瓜络,塑料丝之间空隙较大,芯体中间还可做成多孔状或中空状,因空隙率大,所以水流阻力小,排水性好.

c. 耐压性好.塑料盲沟立体网状结构与钢结构中的桁架结构原理类似,具有良好的耐压性,可承受各个

方向压力,即使超载压力将材料压扁,也仅减少了通水空间,并不会使排水功能完全失效。

d. 柔韧性好,适应土体变形能力强.塑料盲沟具有较好的柔韧性,能适应周围土体的变形,不会因超载、地基变形、不均匀沉降等原因而断裂,避免了传统盲沟因上述原因而造成的集排水失效的事故。

e. 重量轻、施工方便.塑料盲沟的主要原料是聚丙烯,密度小,产品空隙率大、重量轻,现场施工安装十分方便,工人劳动强度低,施工效率高。

2 塑料盲沟的性能指标

塑料盲沟是由立体网状的塑料芯体和外包土工布滤膜复合而成,其性能指标应由塑料芯体和土工布滤膜两部分构成.土工布的性能研究已相对成熟,试验方法已有相应的国际、国内标准可供参照.塑料盲沟芯体是一种新型结构材料,主要功能是集水、排水,同时还会有耐压、耐久性等要求,因此塑料盲沟芯体的性能指标为:单位长度质量、外形尺寸、表面开孔率、空隙率、通水量、抗压强度、耐久性等.单位长度质量、外形尺寸是物理性能指标,比较简单,这里不作介绍。

2.1 表面开孔率

表面开孔率是指盲沟材料表面开孔的面积与表面积之比率,是反映塑料盲沟材料集水能力的一项重要水力学性能指标.一般来说表面开孔率越大,用于支撑土工布滤膜的部分就越少,阻挡进水的部分就越少,集水性能越好.对于有孔管、网状树脂管等比较规则的材料,表面开孔率容易计算,将开孔的面积除以表面积即可.而塑料盲沟表面开孔形状和位置都不很规则,因此表面开孔率比较难以得出,目前还没有统一的试验方法.对于矩形塑料盲沟可采用近似的方法,将一定大小的矩形塑料盲沟放在计算机扫描仪上扫描,得到一张平面扫描图,用面积测量仪测量出表面开孔部分的面积,用表面开孔部分的面积除以总面积,这样就近似得到塑料盲沟的表面开孔率。

表 1 是几种常见盲沟材料表面开孔率的比较,可见塑料盲沟的表面开孔率在 80%~95%之间,是各种盲沟材料中最高的,因而塑料盲沟材料的集水性能最好。

表 1 几种常见盲沟材料表面开孔率比较
Table 1 Comparison of porosity of opened voids of several kinds of blind drain materials

名 称	有孔管	筒状网眼管	方孔网管	混凝土渗管	塑料盲沟
表面开孔率/%	10~15	40~46	50~60	25~30	80~95

2.2 空隙率

塑料盲沟的空隙率是指空隙体积与总体积的比率,是反映塑料盲沟集排水性能和抗压性能的一项指标.塑料盲沟的空隙率与排水能力、抗压强度密切相关.一般来说空隙率大则排水性能好,但抗压强度要低一些,反之亦然.目前生产的塑料盲沟主要有普通型、中空型和多孔型 3 种,普通型塑料盲沟的空隙率在 80%左右,中空型和多孔型塑料盲沟的空隙率达到 90%以上.空隙率可通过称重试验和计算求得,空隙率

$$n = \left(1 - \frac{m}{\rho_{sl}l} \right) \times 100\%$$

式中: m ——塑料盲沟质量, g; ρ ——塑料盲沟原材料密度, g/m³; s ——塑料盲沟的截面积, m²; l ——试件长度, m。

盲沟质量通过称重试验确定, ρ 可借比重瓶测定,无测定值时可通过查表确定.从表 2 可见国产塑料盲沟的空隙率 n 在 82%~92%之间。

2.3 通水量

通水量是指塑料盲沟在一定条件下,单位时间内能够通过的水量,是反映塑料盲沟排水能力的水力学性能指标.塑料盲沟的通水量与其截面尺寸、结构形式、空隙率等有关,每种型号塑料盲沟的通水能力都各不相同,因此需要根据通水试验确定.塑料盲沟通水量试验装置如图 1 所示.该装置由钢板水库、试样安装部分、平水室、消浪栅、量水堰、回水槽等组成,用钢尺测量测压管水头,用直角三角形薄壁量水堰测量塑料盲沟内过水流

表 2 塑料盲沟空隙率试验结果

Table 2 Experimental results of porosity of some plastic blind drains

形状	型号	外形尺寸 /mm	中空尺寸 /mm	空隙率 /%
矩形	0730K	70×30	30×10	82.7
	1435K	140×35	40×10	85.5
	1550	150×50		82.5
圆形	080	∅80		82.9
	80K	∅80	∅45	88.0
	100K	∅120	∅50	85.7
	150K	∅150	∅70	88.7
	200K	∅200	多孔	92.0

注:型号带有 K 字母的塑料盲沟中间为空心。

量.量水堰高 0.36 m,宽 0.80 m.堰上水头用经过检定的测针测量,流量 $Q = CH^{5/2}$,其中 C 为量水堰的系数.根据该量水堰的特点,选用日本沼知、黑川、渊泽经验公式计算该系数:

$$C = 1.354 + \frac{0.004}{H} + \left[0.14 + \frac{0.2}{\sqrt{P}} \right] \times \left(\frac{H}{B} - 0.09 \right)^2$$

式中: P ——堰高, m; H ——堰上水头, m; B ——量水堰宽度, m.

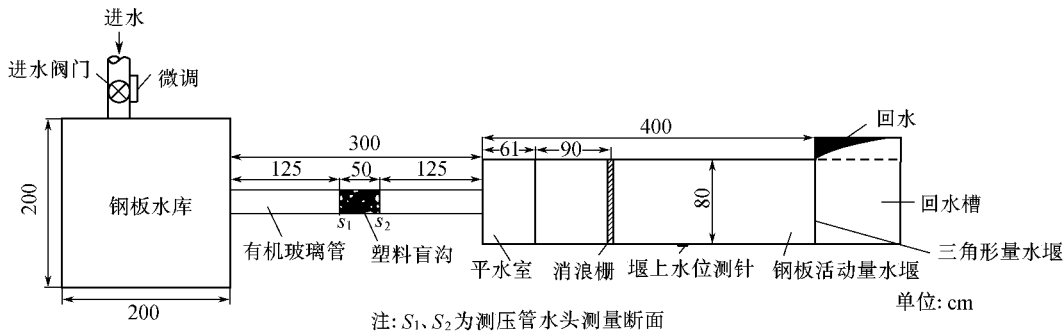


图 1 塑料盲沟通水量试验装置平面图

Fig.1 Experimental apparatus for plastic blind drain discharge capacity test

该项试验选取 0.5 m 塑料盲沟试件,两端留有 1.25 m 的过渡段.为了观察水流流态,钢板水库至平水室部分采用透明有机玻璃管,管长 3.0 m.有机玻璃的糙率 n 为 0.0085,相对多孔塑料盲沟材料来说,其对水流的阻力可忽略不计.在距塑料盲沟两端 0.2 m 稳定的过水断面安装测压管,测量塑料盲沟前后两断面的测压管水头.根据恒定总流的能量方程(即伯努利方程)和连续方程可得出塑料盲沟的水头损失.4 种不同形式的塑料盲沟通水量试验结果见图 2.

根据试验结果,用最小二乘法拟合得出通水量

$$\begin{aligned} Q_1 &= 0.0017H^{0.6042} & R &= 0.9975 \\ Q_2 &= 0.0044h^{0.5737} & R &= 0.9998 \\ Q_3 &= 0.0033h^{0.5707} & R &= 0.9986 \\ Q_4 &= 0.0055h^{0.531} & R &= 0.9999 \end{aligned}$$

式中: h ——水头损失, m; Q_i ——试样的通水量, m^3/s ; R ——相应的关联系数.

由试验结果可知 (a)塑料盲沟内的水流处于符合伯努利定律的管流及符合达西定律的渗流之间的状态.由于塑料盲沟内的水流阻力系数是个变数,通水量与水头损失呈非线性关系,则有:

$$Q = Kh^m \quad (0 < K < 1, 0 < m < 1)$$

式中 m 接近 1/2; K 为塑料盲沟的水流阻力系数,当塑料盲沟过流断面较大时,其值就大,通水量也越大. (b)通水量与空隙率关系较大,在断面尺寸相同的情况下(如试样 3 和试样 4),中空型的塑料盲沟由于空隙率大,因而具有较大的通水量.设计时可根据通水量计算式确定盲沟的排水能力.

2.4 抗压强度

塑料盲沟埋在地下,其上部有土压力和移动荷载,因此要求其具有一定的抗压强度.塑料盲沟的抗压性能需通过试验确定,通常在万能试验机上对塑料盲沟进行抗压试验.试件长度取 25 cm,对于矩形塑料盲沟,采用平板压具,对于圆形塑料盲沟,采用圆弧形压具,试验结果如图3所示.

塑料盲沟的压缩荷载与变形的关系与原材料、塑料丝的粗细、空隙率等有关,因产品的型号、结构形式不同而异,并具有以下特点 (a)压缩荷载与变形基本上为非线性关系.当丝束接触时,压力增加较快 (b)当塑料盲沟的丝束密集时,即空隙率越小则耐压性能越好 (c)塑料盲沟抗压特性的回复性较大,当压力卸去以后,塑料盲沟基本上恢复原来形状 (d)塑料盲沟呈立体网状结构,可以承受各个方向的压力,不会像软式透水管因压力不垂直轴线而出现倒伏、压扁现象.

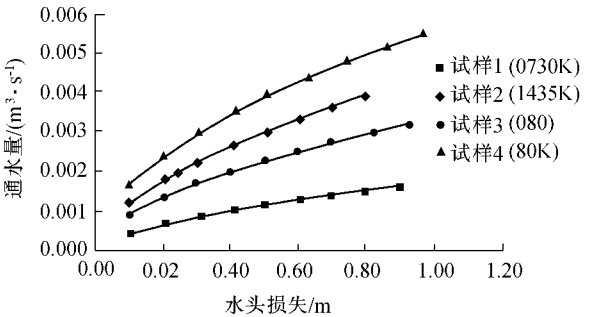


图 2 塑料盲沟通水量—水头损失关系曲线
Fig.2 Discharge capacity vs. head loss for plastic blind drains

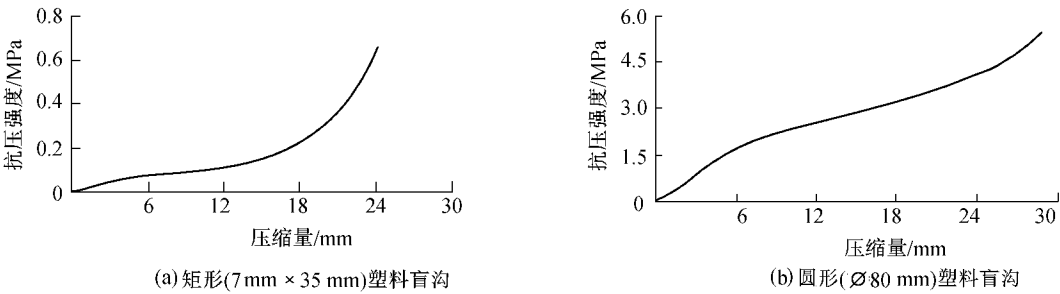


图 3 塑料盲沟抗压变形曲线

Fig.3 Compressive strength curve for plastic blind drain

2.5 耐久性

塑料盲沟的耐久性主要是指对紫外线(UV)辐射、温度变化、化学与生物侵蚀、干湿变化、冻融变化等外界因素的抗御能力 ,主要取决于产品所采用的原料和使用的环境 .塑料盲沟的原料主要为聚丙烯和各种添加剂 ,聚丙烯本身抗紫外线辐射能力较差 ,但通过改变材料的配方 ,添加抗老化剂 ,可大大增加塑料盲沟的耐久性 .塑料盲沟一般埋在地下 ,受紫外线、气温变化等的影响通常较小 .因此 ,配方良好的塑料盲沟在通常的使用环境下具有较好的耐久性 .

3 结 语

塑料盲沟是国内市场新近出现的一种土工合成材料 ,由于其具有许多优点 ,因而逐渐为大家所认识、接受 ,应用范围不断扩大 ,有取代传统盲沟的趋势 .由于该新材料在国内应用的时间不长 ,相应的研究成果亦不丰富 ,笔者认为以下一些问题还有待进一步研究 :表面开孔率的试验方法 ,抗压蠕变性能 ,弯曲性能 ,耐久性 .

参考文献 :

[1] 《土工合成材料工程应用手册》编写委员会 .土工合成材料工程应用手册[M] .第 2 版 .北京 :中国建筑工业出版社 ,2000 . 113—115 .

[2] SL 155—95 水工(常规)模型试验规程[S] .

[3] 吴福生 ,张树奎 ,刘家豪 .塑料盲沟水力性能试验[J] .灌溉排水 ,2001 28(3) :79—80 .

Research on material performance indexes for plastic blind drains

WU Liang-jin¹ , WU Fu-sheng² , LIU Yong-qiang¹ , LIU Jia-hao¹

(1. College of Water Conservancy and Hydropower Engineering , Hohai Univ . , Nanjing 210098 , China ;
2. Nanjing Hydraulic Research Institute , Nanjing 210029 , China)

Abstract : An introduction is given to the raw materials , forms , and engineering characteristics of the plastic blind drain—a new type of geosynthetic , and it is pointed out that the porosity of opened voids , porosity , discharge capacity , and compressive strength of materials can be taken as the performance indexes of the plastic blind drain . In this paper , test methods for the porosity of opened voids , discharge capacity and compressive strength are emphasized , and their experimental results are given . The research shows that the plastic blind drain is of good performance in water collecting , drainage , compressive strength , and endurance .

Key words : plastic blind drain ; geosynthetic ; material performance ; discharge capacity