

新型热熔整体式塑料排水板研制

武良金, 刘家豪

(河海大学水利水电工程学院, 江苏 南京 210098)

摘要 新型热熔整体式塑料排水板是河海大学研制的用于软土地基加固处理的一种新材料。在介绍新型热熔整体式塑料排水板的结构、原材料、生产工艺的基础上,对其性能进行了较全面的试验研究。结果表明,新型热熔整体式塑料排水板优于目前广泛使用的分体式塑料排水板,具有整体性好、抗拉强度高、排水量大、耐久性好等优点。

关键词 土工合成材料;整体式塑料排水板;抗拉强度;侧向透水率;纵向通水量

中图分类号 :TU532+.62 **文献标识码** :A **文章编号** :1006-764X(2007)01-0060-04

Development of new-type heat-melting integral plastic drainage board//WU Liang-jin, LIU Jia-hao(College of Water Conservancy and Hydropower Engineering, Hohai University, Nanjing 210098, China)

Abstract : The heat-melting integral plastic drainage board, developed by Hohai University, is a new kind of equipment used for soft ground improvement. Based on an introduction of the structure, raw materials, and manufacturing technology of the new-type plastic drainage board, an overall experimental study on its performance was made. The result shows that the new-type plastic drainage board is superior to the cruciate plastic drainage board which is widely used at present in aspects of integrality, durability, tensile strength, and capacity of water discharge.

Key words : geosynthetics; integral plastic drainage board; tensile strength; lateral permeability; longitudinal drainage

塑料排水板作为一种软土地基加固排水材料,以其排水效果好、施工效率高、成本低、耐久性好等优点,在地基加固工程中得到了广泛的应用。据不完全统计,近年来我国每年使用的塑料排水板数量在 1.5 亿 m 以上。目前国内使用的绝大部分排水板是分体式塑料排水板(以下简称分体式排水板),这种形式的排水板滤膜包覆在芯板外面,与芯板不黏结。从多年使用的情况来看,分体式排水板存在以下一些缺点:①芯板的材料是塑料,它的屈服延伸率很大,可达 100% 以上,而滤膜的延伸率较小,其弹性段仅有 10% 左右,在芯板和滤膜共同受力时,不能共同承受最大的外力作用,当滤膜拉断时,芯板仅承受较小的拉力,造成排水板整体抗拉强度较小;②滤膜采用浸渍无纺布制作,其胶黏剂为水溶性,遇水后胶会溶化,土工布纤维会散开,强度大幅度降低;③分体式排水板外包滤膜在生产时包覆松紧度较难控制,当包覆较松时,在土压力的作用下,滤膜将被嵌入芯槽,减少了排水通道空间,造成排水能力下降;④滤膜和芯板不粘在一起,滤膜对芯板不起固定作用,在排水板随土体变形弯曲时,芯板槽齿易倒伏,同样会使排水通道面积大幅度减少,因而影响地

基处理的效果;⑤分体式排水板生产技术简单,生产效率较低,产品质量难以控制。鉴于以上情况,河海大学最近研制开发成功新型热熔整体式塑料排水板(以下简称整体式排水板)。

1 整体式排水板的结构

整体式排水板由滤膜和芯板两部分组成,如图 1 所示。芯板的形状为十字形或长城形,滤膜与芯板通过热合紧贴在一起。这种结构形式与分体式排水板有较大的不同,分体式排水板也是由滤膜和芯

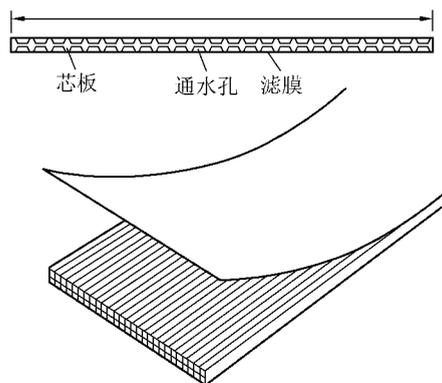


图 1 整体式排水板的结构

板两部分组成,区别在于分体式排水板滤膜与芯板不粘在一起,可以分开,而整体式排水板的滤膜和芯板是黏在一起的,不容易分开。整体式排水板的这种结构形式具有如下特点:①整体性好,尤其是整体受力性能好,滤膜不会由于排水板断裂而与芯板脱离;②滤膜与芯板热合在一起,把芯板分成许多小格,对芯板起到适量加固作用,在侧向土压力的作用下,滤膜向芯板槽内凹陷较少,同时芯板齿槽不会发生倒齿现象,保证了排水空间;③节省滤膜材料。

2 整体式排水板的原材料

整体式排水板的滤膜采用异熔点热黏土工布。这种土工布是一种新产品,它在受热状态下能与塑料熔合。这与分体式排水板上使用的化学浸渍法生产的土工布有较大的区别。芯板原料是聚乙烯、聚丙烯,或聚乙烯和聚丙烯共聚料。整体式排水板的芯板一般使用新原料而不采用回收废旧料,因为废旧料生产的芯板与异熔点热黏土工布不能很好地熔合。可见,整体式排水板对滤膜和芯板的原材料要求都比较高。

3 整体式排水板的生产工艺

整体式排水板生产线为自动化生产线,从原料进入机器到整体式排水板产品完成一气呵成,且一次可以生产多根排水板,生产效率较高,生产工艺流程如图2所示。

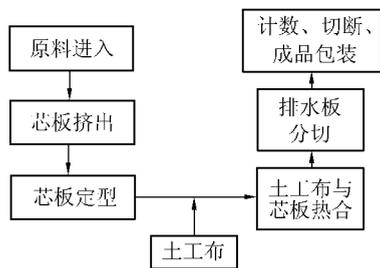


图2 整体式排水板的生产工艺流程

4 整体式排水板的性能试验

分体式排水板的性能指标分为滤膜性能指标和

复合体性能指标,其中滤膜性能指标有:单位面积质量、厚度、纵向干态抗拉强度、横向湿态抗拉强度、渗透系数和等效孔径;复合体性能指标有:抗拉强度及延伸率、纵向通水量、宽度和厚度。对于整体式排水板来说,其性能指标主要反映复合体的整体特性,而滤膜性能主要在原材料进厂时选择产品和控制产品质量时采用。滤膜的主要性能指标与分体式排水板相同。整体式排水板复合体性能指标主要有抗拉强度、横向透水率、纵向通水量、舌形撕裂强度、刺破强度和剥离强度。

4.1 滤膜性能试验

如前所述,整体式排水板的滤膜是双组分异熔点热黏无纺布,与普通化学浸渍法制作的无纺布相比原材料和生产工艺都有很大的区别,这种无纺布的最大特点是在受热状态下能够和塑料芯板熔合在一起,在材料的性能方面也有一些差异。表1是异熔点热黏法制作的无纺布和化学浸渍法制作的无纺布性能试验结果。

从表1中的数据可知:①异熔点热黏法制作的无纺布纵向干态抗拉强度和横向湿态抗拉强度相差很小,而化学浸渍法制作的无纺布纵向干态抗拉强度和横向湿态抗拉强度相差达50%左右。化学浸渍法制作的无纺布湿态强度下降的主要原因是生产过程中使用的胶溶剂遇水溶化,在水中稳定性差。异熔点热黏法制作的无纺布在生产中不使用胶黏剂,因而在水中稳定性好。抗拉强度是塑料排水板滤膜的最重要的指标之一。②异熔点热黏法制作的无纺布梯形撕裂强度比化学浸渍法制作的无纺布梯形撕裂强度要大得多,这也是化学浸渍法制作的无纺布缺点之一。③异熔点热黏法制作的无纺布比化学浸渍法制作的无纺布垂直渗透系数略小,但远大于标准要求。因此,异熔点热黏法制作的无纺布作为排水板的滤膜更加合适。

4.2 复合体性能试验

4.2.1 复合体抗拉强度

整体式排水板与分体式排水板最大的区别是滤膜与芯板的结合形式,整体式排水板的整体结构必

表1 两种无纺布性能试验结果

类型	单位面积质量/($g \cdot m^{-2}$)	厚度/(2kPa)/mm	抗拉强度/($N \cdot cm^{-1}$)		断裂强度/($N \cdot cm^{-1}$)		断裂延伸率/%		梯形撕裂强度/N		垂直渗透系数 $K_{20}/(cm \cdot s^{-1})$	等效孔径 O_{98}/mm
			纵向干态 (10%延伸率)	横向湿态 (15%延伸率)	纵向干态	横向湿态	纵向	横向	纵向	横向		
C型板技术要求 ^[1]			>30	>25			>4	>4			>0.0005	<0.075
化学浸渍法制作的无纺布	102	0.357	48	27	50	27	13	18	13	10	0.0490	<0.075
异熔点热黏法制作的无纺布	100	0.239	35	30	39	34	13	20	38	40	0.0165	<0.075

然在抗拉特性方面有所反映,图3是整体式排水板与分体式排水板应力-应变曲线对比。

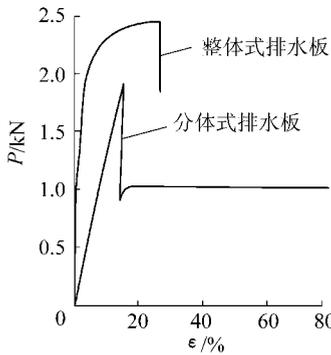


图3 两种排水板的应力-应变曲线

从图3中可知:①分体式排水板应力-应变曲线中有明显的突变现象,说明在此突变点,滤套被拉断^[2]。而整体式排水板的应力-应变曲线比较平滑,在断裂后没有突变现象,说明滤膜和芯板能很好地共同承受外力。②分体式排水板的断裂延伸率只有15%左右,而整体式排水板的断裂延伸率要大得多,可达到30%,说明分体式排水板的延伸率是由滤套控制的,当滤套断裂时,芯板的强度还没有很好的发挥,而整体式排水板断裂时芯板的强度已经得到较好的发挥。③整体式排水板在拉伸的前期,曲线更加陡,说明整体式排水板的刚度更好。④整体式排水板的抗拉强度更大,当延伸率为10%时,分体式排水板的抗拉强度为1.35 kN,而整体式排水板的抗拉强度可达2.35 kN。因此,整体式排水板比分体式排水板的抗拉特性要好得多。

4.2.2 侧向透水率

塑料排水板在软土地基中能够排水的第一步是水能够通过滤膜渗入到芯板内,也就是说排水板要有集水功能。由于整体式排水板的滤膜不能从芯板上剥离下来,不能像分体式排水板那样能取下滤膜做渗透试验,因此,必须要有新的性能指标来反映侧向透水的能力。侧向透水率是指在单位水头作用下,单位时间内水流通过单位面积滤膜的流量。该项指标反映整体式排水板的集水能力。图4是测定

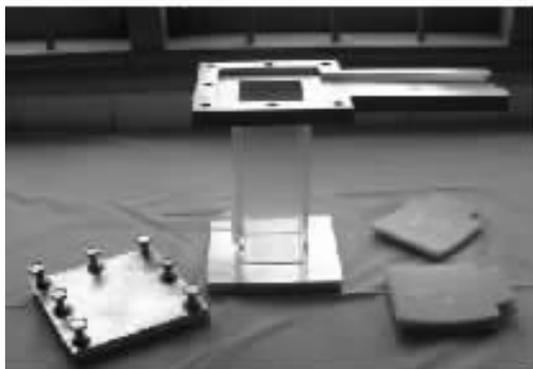


图4 整体式排水板侧向透水性试验装置

整体式排水板侧向透水率的装置,测得流量后用式(1)计算侧向透水率。表2是试验结果。

$$K = \frac{QR_t}{A\Delta H} \quad (1)$$

式中:K为侧向透水率 s^{-1} ;Q为单位流量 mL/s ; R_t 为20℃水温修正系数;A为试样与水接触面积, cm^2 ; ΔH 为水头差, cm 。

表2 不同水头差侧向透水率试验结果

编号	侧向透水率/ s^{-1}							
	5 cm	6 cm	7 cm	8 cm	9 cm	10 cm	11 cm	12 cm
1	0.242	0.233	0.227	0.212	0.211	0.202	0.197	0.192
2	0.218	0.216	0.22	0.208	0.216	0.212	0.209	0.207
3	0.209	0.208	0.201	0.19	0.186	0.183	0.178	0.177
4	0.219	0.207	0.216	0.213	0.212	0.209	0.206	0.202
5	0.258	0.262	0.257	0.250	0.248	0.243	0.234	0.230
平均	0.229	0.225	0.224	0.215	0.215	0.210	0.205	0.202

由试验结果可知:①整体式排水板的侧向透水率在 $10^{-1} s^{-1}$ 左右,其透水能力和土工布相当,具有较好的侧向透水性,说明整体式排水板在生产热黏过程中没有破坏土工布的透水性;②随着水头加大,透水率在下降,这是由于水头增大流速增大,水头损失也增大。因此,为获得正确的侧向透水率,试验时应在小水头下进行,即试验时要保证水流在层流状态。

4.2.3 纵向通水量

纵向通水量是指在单位水力坡降作用下单位时间内沿排水板纵向通过水量的能力,单位是 cm^3/s ,是塑料排水板一项重要的性能指标。为研究整体式排水板的纵向通水能力,对塑料排水板在3种不同状态下的纵向通水能力进行了对比,第一种是塑料排水板在平直状态,第二种是塑料排水板在自然弯曲状态,从板长50 cm弯曲到40 cm,第三种是塑料排水板在人工弯曲状态,弯曲的形状如图5所示。另外,在平直状态下,对整体式和分体式排水板纵向通水能力进行了对比试验。表3是整体式排水板3种状态下的纵向通水量和分体式排水板纵向通水量试验结果。由表3可知:①试验时整体式排水板的状态不同,纵向通水量不同,平直状态时的通水量最大,人工弯曲状态时通水量其次,自然弯曲状态时通水量最小,表明塑料排水板的弯曲对通水量的影响是很大的,不可忽

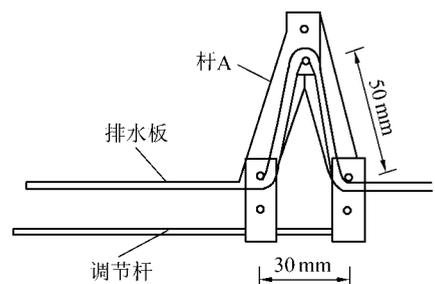


图5 塑料排水板人工弯曲的形状

视 ②自然弯曲状态与塑料排水板在软土地基中的状态相似,但弯曲后整体式排水板仍有较大的通水能力 ③在同样状态下,整体式排水板的通水量比分体式排水板大。

表3 两种排水板纵向通水能力对比试验结果

类型	试样状态	20℃时纵向通水量/($\text{cm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$)
整体式	平直状态	77
	自然弯曲状态	61
	人工弯曲状态	51
分体式	平直状态	48

4.2.4 舌形撕裂强度

排水板在运输和插设过程中,可能会受到沿纵向的剪切撕裂作用,由于整体式排水板滤膜和芯板共同抵抗纵向撕裂破坏,与分体式排水板相比,具有更大的撕裂强度。采用国家标准 GB/T3917.2—1997《舌形试样撕破强力的测定》^[3]的方法,对整体式和分体式排水板进行舌形撕裂强度试验,试验结果见表4,可见整体式排水板的舌形撕裂强度要比分体式排水板大得多。

4.2.5 耐久性

塑料排水板的耐久性主要是指对紫外线辐射、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环境。从原料上来看,整体式排水板采用的是全新材料,通过添加抗老化剂,耐久性比回收废旧料生产的塑料排水板要好得多。从使用环境来看,塑料排水板一般打设在地下数米,受紫外线辐射、温度变化、化学与生物侵蚀、干湿变化、冻融变化等外界因素影响通常较小,因此整体式排水板在通常的使用环境下,应该具有较好的耐久性。

4.2.6 两种排水板复合性能对比试验

整体式排水板和分体式排水板复合性能对比试验结果见表4,由表4可知,整体式排水板的性能比分体式排水板的性能要优越,主要反映在抗拉强度和通水量这两项最重要的指标上,且远远大于交通部标准中C型板技术要求^[1]。

表4 两种排水板复合性能试验结果

类型	厚度/mm	单位长度/质量/($\text{g} \cdot \text{m}^{-1}$)	10%延伸率时每10cm纵向抗拉强度/kN	平直状态纵向通水量/($\text{cm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$)	舌形撕裂强度/N	侧向透水率/ s^{-1}
C型板技术要求 ^[1]	≥ 4.5		≥ 1.5	≥ 40		
整体式排水板	5.038	122.36	2.35	153	88	0.23
分体式排水板	5.160	123.42	1.45	68	42	0.25

5 结论

a. 整体式排水板的芯板与滤膜通过加温牢固地熔结成整体格形板式结构,整体性好。在受到拉力作用时,滤膜与芯板不会剥离脱开,能共同承受外力,整体强度高。

b. 整体式排水板的刚度大,抗侧向压曲能力大,在外力作用下齿肋不易倒伏,能较好地保持排水沟槽的形状,通水能力大;排水带具有良好的韧性,地基排水固结时能很好地适应地基的变形,能长期保持较强的通水能力,有利于加快地基固结速度和保证地基固结的效果。

c. 整体式排水板的滤膜为异熔点热黏法制作的无纺布,遇水时不会出现分散现象,其干态强度和湿态强度变化不大,因而能较长期保持在水中的稳定性。

d. 整体式排水板的主要性能指标均高于分体式排水板。

e. 整体式排水板用高分子聚合物新原料制成,具有很好的耐久性^[4]。

f. 产品生产技术含量高,生产效率高,产品质量稳定可靠。

由于整体式排水板具有以上这些特点,因此可在软土地基工程上广泛推广使用,确保软土地基加固更加高效、可靠。

参考文献:

- [1] JTJ/T257—96 排水板质量检验标准[S].
- [2] 武良金. 塑料排水板的抗拉特性及试验条件对抗拉强度的影响[C]//刘家豪. 第一届塑料板排水法加固软基技术研讨会论文集. 南京: 河海大学出版社, 1990: 65-74.
- [3] GB/T3917.2—1997 舌形试样撕破强力的测定[S].
- [4] 《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]. 2版. 北京: 中国建筑工业出版社, 2000.

(收稿日期: 2005-09-20 编辑: 熊水斌)

