



D型软体排纵向连接方式研究

孙爱国, 熊荣军, 唐正涛, 陆雨晨

(长江航道规划设计研究院, 湖北 武汉 430011)

摘要: D型软体排是长江航道整治工程中护底结构的主要工艺, 为提高D型软体排的纵向连接强度, 减少“撕排”现象以更好发挥护底固沙效果, 对D型软体排的纵向连接方式进行了方案设计, 并对其中的问题进行试验研究, 提出了全新的纵向连接方式, 并通过工程实践进行了验证, 结果显示 $\phi 14$ mm丙纶绳的连接方式基本满足沉排要求。

关键词: 航道整治工程; D型软体排; 连接方式; 撕排

中图分类号: U 617.8

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2014)12-0179-06

Longitudinal linking mode for D-type flexible mattress

SUN Ai-guo, XIONG Rong-jun, TANG Zheng-tao, LU Yu-chen

(Changjiang Waterway Planning, Design and Research Institute, Wuhan 430011, China)

Abstract: The D-type flexible mattress is the main technology of the bottom protection structures in Changjiang waterway remediation engineering. In order to enhance the longitudinal linking strength of D-type flexible mattress, reduce the “tearing” phenomenon and better play the effect of bottom protection and sand fix, this paper conducts the program design of longitudinal linking mode, conducts the test study on the problems concerned, proposes the new longitudinal linking mode, and verifies it through the engineering practice. The result shows that the linking mode of $\phi 14$ mm polypropylene rope meets the requirement of mattress sinking basically.

Keywords: waterway regulation engineering; D-type flexible mattress; linking mode; tearing

随着航道整治工程的逐渐发展, 特别是长江中游荆江河段航道整治工程的开展, 对整治技术及整治工艺的要求提升到前所未有的高度。随着D型软体排在长江航道整治工程中得到广泛的应用, 目前已经成为长江航道整治工程中护底的主要形式之一, 其工艺效果直接关系着护底工程的质量。

在长江航道整治工程施工过程中, 由于D型软体排上绑系了大量的混凝土压载块, 进行水下沉排时, D型排同时承受了排体拉力、混凝土压载块的压力以及水流作用力等, 使其在从系排梁放下开始, 直到沉到河床底部期间均处于受力状态, 特别是在排体处于水面附近时, 受力呈最大

状态。而在D型软体排施工过程中, 其最薄弱环节一般在2块排体的连接处, 设计中对排体间的连接强度要求一般不低于基布纵向强度的80%。由于D型排连接处的强度偏弱, 沉排施工时连接处极易被撕开出现“撕排”现象, 当破损的连接处铺设到河床底部后, 排下泥沙极易被水流掏空而形成串沟, 严重影响护底效果, 影响工程的整体稳定性, 并给施工安全、工期等造成恶劣影响。因此, D型软体排的连接问题是航道整治工程中必须面对的一大技术难题。

1 设计思路

为解决D型软体排纵向连接中存在的易破损

收稿日期: 2014-10-08

作者简介: 孙爱国 (1980—), 男, 硕士, 高级工程师, 从事试验检测及岩土工程勘测工作。

问题,结合工程实际,提出了D型软体排纵向连接优化设计方案:

方案1:基布缝制法,将2块基布直接采用缝线进行缝制,该方案的特点是沉排受力及固沙均可由一道工艺解决,但需解决接缝强度的问题。

方案2:加筋带系结、基布粘贴法,将2块D型软体排纵向上的50cm宽加筋带采用系结方式连接,将贴布缝制在2块排体的搭接处并紧密粘合(图1),该方案的特点是沉排过程中的拉力均由系结的加筋带承担,贴布主要起到排体搭接处的密封作用。但该方案需解决以下问题:

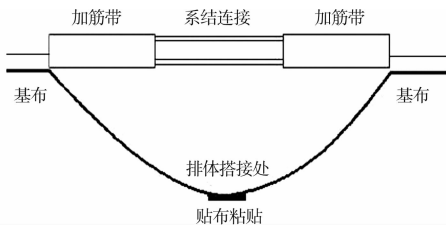


图1 加筋带系结、基布粘贴法

1) 连接方式的选择。不同的材料其强度和系结效果均有差异,所选择材料应满足相应的强度及系结效果要求。

2) 排体搭接处基布富余长度。受系结材料、系结方式等的影响,系结处受力后必然产生一定伸长量,为保证排体搭接处贴布粘贴部位始终不受拉力,排体搭接处基布的富余长度应大于加筋带系结处因受力所产生的最大伸长量。

2 纵向连接方式

采用室内试验与理论分析相结合的方式对两种设计方案进行试验和比选,并在此基础上对适用的连接方式进行进一步研究,以解决设计中关键性参数的选择问题。所采用的原材料均为长江航道整治工程中常规的材料。

2.1 原材料及其基本性能

试验所选用的材料为武汉恒海土工工程材料有限公司生产的250 g/m²聚丙烯编织布,50 cm宽加筋带、25 cm宽加筋带、φ14 mm丙纶绳和贴布,各材料质量均匀,无明显外观缺陷,满足试验研究需要。

各材料基本性能指标试验结果和外观情况见表1~3和图2、3。

表1 聚丙烯编织布试验结果

方向	强度/(kN·m ⁻¹)	延伸率/%	单位面积质量/(g·m ⁻²)
纵向	58.3	22.8	271

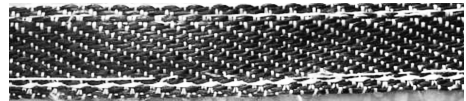
表2 50 cm宽加筋带试验结果

宽/cm	单位长度质量/(g·m ⁻¹)	破坏力/kN	延伸率/%
50	50.0	15.57	15.5
25	7.1	1.54	13.2

表3 贴布试验结果

方向	单位面积质量/(g·m ⁻²)		破坏强度/(kN·m ⁻²)	伸长量/mm	破坏形式
	钩面	绒面			
纵向	413	379	108.0	10.4	粘结处分离

注:试样粘结宽度为100 mm,粘结长度为150 mm。

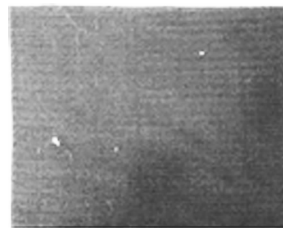


a) 50 cm宽

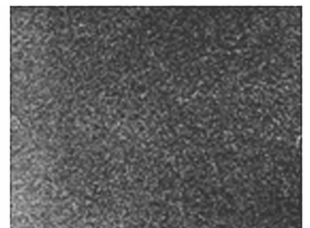


b) 25 cm宽

图2 加筋带



a) 带钩面



b) 带绒面

图3 贴布

2.2 基布缝制法

对基布缝制的连接强度进行试验,该接缝采用平叠法,缝线为两道,针眼宽度平均1 cm,试验结果见表4、图4。

表4 基布接缝连接试验结果

接缝连接强度/(kN·m ⁻¹)	占基布强度的百分比/%	伸长量/mm	破坏形式
33.7	57.8	8	缝线断裂

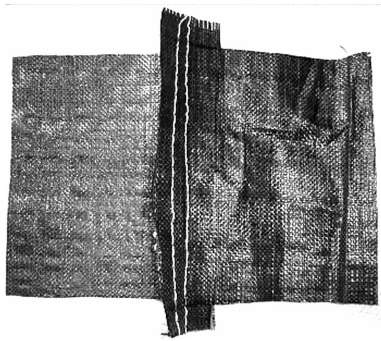


图 4 基布缝制连接

有研究表明, 当采用诸如包叠、丁叠、反向叠、井叠等其他缝制方法进行拼接时, 接缝的强度也未超过基布强度的 60%^[1]。由此可知, 基布缝制法连接方式的强度一般不超过基布纵向强度的 60%, 此设计工艺极易出现连接处破损情况。因此, 该设计方案不可行。

2.3 加筋带系结、基布粘贴法

该工艺主要研究了 25 cm 宽加筋带和丙纶绳系结效果, 对满足工艺要求的系结材料进一步研究了其绑系效果及伸长量, 并对贴布缝制后的贴布粘贴强度进行试验。

1) 25 cm 宽加筋带连接。

采用一根 25 cm 宽加筋带绑系在 2 根 50 cm 宽加筋带上, 其连接方式见图 5, 连接强度见表 5。



图 5 25 cm 宽加筋带连接

表 5 25 cm 宽加筋带连接试验结果

绑扎长度/mm	破坏力/kN	伸长量/mm	伸长率/%	破坏部位
95	2.65	72.0	75.8	25 cm 宽
155	2.89	76.4	49.3	加筋带

注: 绑扎长度即 50 cm 宽加筋带的间距, 2 个子样的初始绑扎长度存在差异, 但系结松紧程度相当。

由试验可知, 25 cm 宽加筋带绑系后的拉伸强度略大于单根 25 cm 宽加筋带的强度, 但明显小于单根 50 cm 宽加筋带的强度, 且其延伸率明显

大于 50 cm 宽加筋带和 25 cm 宽加筋带单根受拉的延伸率, 图 6 应力-应变曲线显示, 拉伸过程中拉伸应力上升偏缓, 初期更为明显。通过以上分析并结合试验中系结变小变紧的现象, 可得出拉伸过程中存在系结拉紧的过程, 并因此导致伸长量明显增大, 且对伸长量的影响程度因系结的松紧程度而异, 在系结松紧相当的情况下, 其伸长量相差不大。

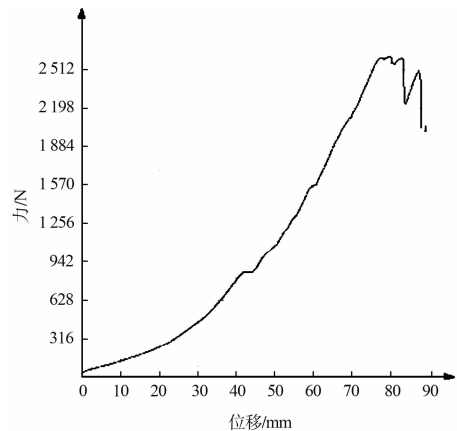


图 6 加筋带连接的力-位移曲线

按接缝连接强度应达到基布强度的 80% 来计算, 50 cm 宽加筋带的纵向缝制密度应达到 18 条/m, 该连接方案要求 50 cm 宽加筋带缝制密度过大, 因此, 该系结方案不可行。

2) $\phi 14$ mm 丙纶绳连接。

采用 1 根 $\phi 14$ mm 丙纶绳绑系在 2 根 50 cm 宽加筋带上, 其连接方式见图 7, 连接强度见表 6。

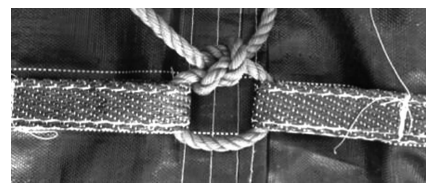


图 7 $\phi 14$ mm 丙纶绳与 50 cm 加筋带连接

表 6 $\phi 14$ mm 丙纶绳连接试验结果

绑扎长度/mm	破坏力/kN	伸长量/mm	伸长率/%	破坏部位
280	16.90	221.8	79.2	50 cm 宽 加筋带

由试验可知, 丙纶绳绑系后的拉伸强度略大于单根 50 cm 宽加筋带或丙纶绳的强度, 且其延伸率均明显大于 50 cm 宽加筋带和丙纶绳的单根

受拉的延伸率，究其原因，其系结处存在明显被拉紧现象，由图 8 应力-应变曲线显示，初期拉伸应力上升偏缓，且部分区域出现强度下降的情况，通过观察及分析可知，由于丙纶绳柔软性较差，且其表面光滑，导致绑系时难以系紧，在拉伸过程中存在绑系处丙纶绳被明显拉紧的现象，并因此导致其延伸率明显增大，对延伸率的影响程度因系结的松紧程度而异。

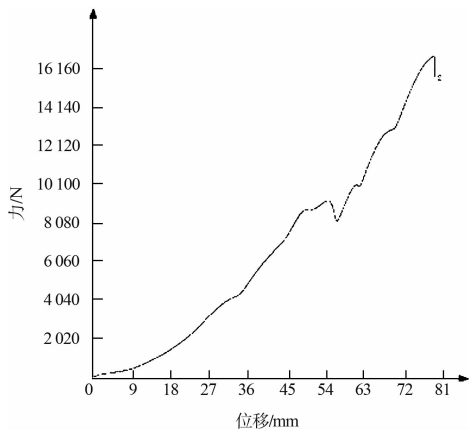


图 8 丙纶绳连接的力-位移曲线

按接缝连接强度达到基布强度的 80% 来计算，50 cm 宽加筋带的密度应达到 3 条/m。该连接方案中 50 cm 宽加筋带纵向缝制的密度适当，因此，该系结方案可行。

3) $\phi 14$ mm 丙纶绳连接的几种绑系方式。

由于采用 $\phi 14$ mm 丙纶绳连接方式，其延伸量达到了 221.8 mm，加上初始的连接长度为 280 mm，实际的排布之间的分离量达到了 501.8 mm，考虑到丙纶绳的延伸率较大，延伸量可能与绑系方式有一定的关系，因此，进一步开展了丙纶绳与加筋带的绑系拉伸试验，并考虑了 3 种绑系方式，见图 9。

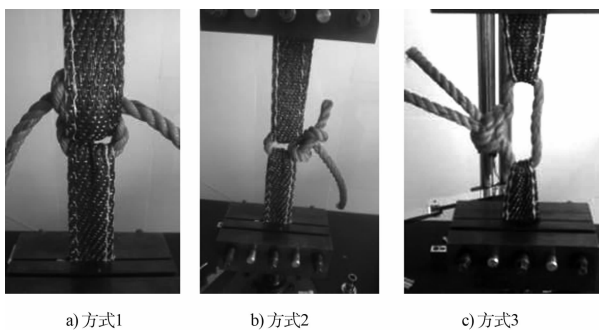


图 9 丙纶绳的绑系方式

方式 1：加筋带内采用两重绑系方式，丙纶绳系在 2 条加筋带之间，被加筋带相夹，该方法具有不易松脱、拉伸变形相对较小的优点，但存在绑扎难度较大、现场操作繁琐的缺点。

方式 2：两重绑系方式，丙纶绳采用常规的两重绑系方式在加筋带外系结，该方法具有绑扎简单的优点，但存在系结处易松脱、难以系紧等缺点。

方式 3：绕圈绑扎，丙纶绳于加筋带外采用绕圈法系结，该方法具有绑扎方式简单的优点，但存在绑扎后预留长度不好控制、拉伸变形大等缺点。

3 种绑系方式的试验结果见表 7。

表 7 丙纶绳绑系方式试验结果

绑系方式	最大拉力/kN	绑扎处初始间距/mm	最大拉力时绑扎处间距/mm
方式 1	16.753	0	145.0
方式 2	16.981	0	335.0
方式 3	16.90	280	501.8

试验表明，采用两重绑系方式能有效减少排布连接处的间距，从而降低最终的绑系处间距。该间距根据绑系位置不同而存在差异，其最大值为 335 mm。因此，由于方式 1 实际操作难度大，故选择方式 2，采用两重绑系方式，绑系初始距离为 0。

4) 排体搭接处贴布缝制后的力学性能。

按“加筋带系结、基布粘贴法”的设计方案，将贴布直接缝制在排体搭接处（图 10、11），并对缝制后的贴布进行了力学试验，见表 8。



图 10 贴布与基布缝制方式

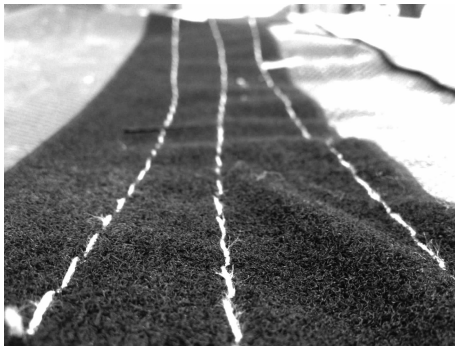


图 11 缝制后的贴布

表 8 缝制后的贴布试验结果

试样宽度/cm	粘结长度/cm	破坏强度/(kN·m ⁻²)	伸长量/mm	伸长率/%	破坏部位
20	10	36.7	1.1	11.0	粘结处分离

注: 试样粘结宽度为 100 mm, 粘结长度为 150 mm。

根据试验结果可知, 贴布缝制在基布上后, 贴布粘结后依然具有一定的抗拉强度, 但其强度远低于缝制前贴布的拉伸强度, 但缝制前后其延伸率基本一致。分析其原因, 因缝制后的贴布表面平整度变差, 粘贴面积降低, 故其粘结抗拉强度变低。由于贴布主要作用为保证排体搭接处的贴合, 沉排过程中基本不受拉力, 因此, 采用宽度为 10 cm 的贴布基本能够满足工艺要求。

5) 排体搭接处基布的富余长度。

由于 D 型软体排的纵向连接方法选用的是将 $\phi 14$ mm 丙纶绳与 50 cm 宽加筋带进行系结连接, 采用两重绑系方式。因此, 为保证贴布粘合处不受拉力, 应在排体搭接处将基布富余一定长度后再用贴布粘贴。只要保证搭接处粘贴后的富余长度大于等于“表 7”中方式 2 的“最大拉力时绑扎处间距”335 mm, 便能够实现排体搭接处贴布后不受拉力的目的, 考虑现场操作时影响因素复杂, 预留长度酌情增加 0.05 的保证系数, 因此排体搭接处基布的最小富余长度应为 350 mm。

3 D 型软体排纵向连接设计方案

通过试验研究, 得出以下设计方案 (图 12):

1) 用 $\phi 14$ mm 丙纶绳与 50 cm 宽加筋带连接, 系结方式为采用两重绑系, 初始绑系间距为 0 mm;

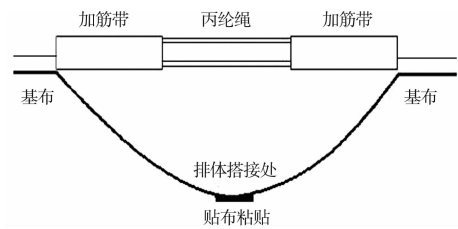


图 12 D 型软体排纵向连接方式

2) 50 cm 宽加筋带在基布上的纵向缝制密度不少于 3 条/m;

3) 贴布粘贴长度为基布的横向长度, 粘结宽度不小于 100 mm;

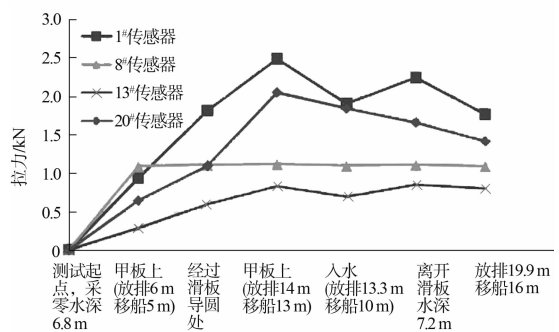
4) 排体搭接处处基布的富余长度不小于 350 mm。

4 现场施工验证

按本文设计方案, 在长江中游荆江航道整治江陵高滩守护工程开展现场试验, 该试验区水深 4.7 ~ 10.5 m, 流速 0.574 ~ 1.077 m/s, 流向与正北方向夹角为 170° ~ 178°。

沉排施工前在连接处设置了力传感器, 以测试丙纶绳受力情况, 在沉排后采用水下探摸方式以测试沉排后连接处破损情况。经现场试验证实:

1) D 型软体排不同部位的丙纶绳受力存在差异, 但均小于该绑系方式的极限拉力值 (图 13);



注: 20# 传感器位于排布靠船艏一侧; 13# 传感器距船艏一侧排布边缘 11.75 m; 8# 传感器距船艏一侧排布边缘 8.25 m; 1# 传感器排布船艏一侧。

图 13 沉排时各部位受力情况

2) 水下探摸未见连接处破损露砂现象, 证明沉排后排体搭接处粘贴良好。

由此可知,本设计方案提出的“D型软体排纵向连接方式”基本满足长江航道整治工程沉排施工要求。

5 结语

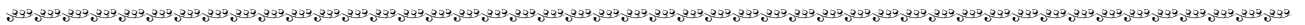
- 1) 基布缝制连接强度难以满足 D 型软体排纵向连接要求;
- 2) 采用 25 cm 宽加筋带的连接强度偏低,无法达到施工要求;
- 3) 采用 $\phi 14$ mm 丙纶绳的连接强度可满足现场施工要求,并且其连接采用两重绑系方式较为合理;
- 4) 排体搭接处基布的富余长度一般不小于 350 mm,但可根据实际情况酌情调整;

5) 设计提出的“D型软体排纵向连接方式”是在水深条件一般、水流流态不复杂的情况下提出的,对于深水区域及复杂流态下的适用性应进行进一步研究后使用。

参考文献:

- [1] 李德华,熊荣军,孙爱国.影响土工编织布接缝强度的因素分析[J].河南建材,2008(6):51-52.
- [2] 熊荣军,李恒,孙爱国,等.短纤针刺非织造土工布拉伸试验影响因素研究[J].水运工程,2013(9):6-9.
- [3] 孙兰凤.水利工程中土工合成材料的应用与质量控制[J].黑龙江水专学报,2004(4):80.
- [4] 商欣萍.土工织物拉伸力学性能的应用研究[D].上海:东华大学,2003:17-19.

(本文编辑 武亚庆)



(上接第 161 页)

- [5] Chandler R J. Back analysis techniques for slope stabilization works: a case record[J]. Geotechnique, 1977, 27(4): 479-495.
- [6] Mesri G, Abdel G. Cohesion intercept in effective stress-stability analysis[J]. Journal of Geotechnical Engineering, 1993, 119(8): 1 229-1 249.
- [7] 任光明,聂德新.大型滑坡滑带土结构强度再生特征及其机制探讨[J].水文地质工程地质,1997,24(3):28-31.
- [8] 任光明,聂德新,左三胜.滑带土结构强度再生研究[J].地质灾害与环境保护,1996,7(3):7-12.
- [9] Gibo S, Egashira K, Ohtsubo M, et al. Strength recovery from residual state in reactivated landslides[J]. Geotechnique, 2002, 52(9): 683-686.
- [10] 郑颖人,沈珠江,龚晓南.广义塑性力学-岩土塑性力学原理[M].北京:中国建筑工业出版社,2002.
- [11] Dunean J M, Chin-Yung Chang. Nonlinear analysis of stress and strain in soils[J]. Journal of the Soil Mechanics and Foundation Division: ASCE, 1970(S5): 1 629-1 653.
- [12] Lade V, Dunean J M. Cubical triaxial tests on cohesionless soil[J]. Journal of the Soil Mechanics and Foundation Division: ASCE, 1973, 199(S10): 793-812.
- [13] Kondner R L. Hyperbolic stress strain response: cohesive soils[J]. Soil Mech Found Div, 1963, 89: 23-28.
- [14] 徐学燕.高等土力学[M].哈尔滨:哈尔滨建筑大学出版社,2000.
- [15] 李广信.高等土力学[M].北京:清华大学出版社,2004.
- [16] Dunean J M, Chin-Yung Chang. Nonlinear analysis of stress and strain in soils[J]. Journal of the Soil Mechanics and Foundation Division: ASCE, 1970(S5): 1 629-1 653.

(本文编辑 武亚庆)