

DOI:10.16799/j.cnki.csdqyfh.2021.07.039

上海市生态护岸建设中生态袋关键材料参数试验研究

张琳琳

[上海市市政工程设计研究总院(集团)有限公司, 上海市 200092]

摘 要:生态袋在上海市生态护岸建设中已经得到了广泛应用,然而目前仍缺乏对生态袋关键材料参数的具体技术要求,不利于该材料工程应用的规范化。现从大量的材料试验出发,利用概率统计学原理,提出了生态袋关键材料参数的指标推荐值,为上海市生态袋护坡的设计、施工、质检提供了技术支撑。

关键词:生态护岸;生态袋;关键材料参数;试验研究

中图分类号: TV49

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2021)07-0142-05

0 引言

近年来,上海市河道建设深入贯彻党对生态文明建设的要求,在各类河道整治工程中应用的生态护岸型式多种多样,取得了较好的生态效果。经过调研发现,生态袋材料已经在上海市生态护岸建设中得到了广泛的应用^[1]。

生态袋是指由聚丙烯(Polypropylene,简称 PP)为原材料加工成的双面熨烫针刺无纺布加工而成的袋子。生态袋护坡是指利用生态袋建造的柔性生态护坡,生态袋内填充基质材料,可为植物提供扎根场所,较传统的硬质护坡更为环保、经济及生态。为了保证生态袋护坡的质量和生态效果,应对生态袋的单位面积质量、横/纵向拉伸强度、横/纵向伸长率、横/纵向梯形撕裂强度、CBR 顶破强度、垂直渗透系数、等效孔径 O_{90} 、横/纵向强度保持率等关键材料参数进行严格的筛选。2013 年,上海市水务局印发的《上海市河道生态治理设计指南(试行)》针对生态袋的上述部分关键材料参数提出了具体要求,如表 1 所列。

表 1 《指南》中对生态袋材料参数的要求一览表^[2]

项目	标准	备注
纵横向断裂强度	$\geq 8 \text{ kN/m}$	
纵横向撕破强度	$\geq 0.22 \text{ kN}$	
抗老化 指标	抗紫外线 (强度保持率)%(h) 强度保持率%(h) 说明	荧光紫外试验 氙弧辐射试验 必须同时满足

收稿日期: 2020-12-09

作者简介: 张琳琳(1979—),男,博士,高级工程师,从事水利工程咨询、设计工作。

然而,表 1 存在材料参数指标不全、要求不明确等问题,给实际应用带来了困难。现针对该问题,通过材料试验的方法,开展上海市生态护岸建设中生态袋关键材料参数的研究工作。

1 生态袋材料试验简述

通过市场调研,从已在上海市护岸工程建设中应用过的生态袋供应商处采购样品(详见表 2),通过单位面积质量测定、等效孔径试验(干筛法)、垂直渗透试验、握持拉伸试验、梯形撕破试验、圆柱(CBR)顶破试验、荧光紫外灯老化试验等获得生态袋样品的关键材料参数。上述试验方法详见《土工合成材料测试规程》(SL 235—2012)^[3]。具体检测项目、对应方法等见表 3 所列,材料试验委托上海勘测设计研究院有限公司土工合成材料检测中心开展。图 1 为生态袋材料试验现场之实景。

表 2 生态袋采购样品表

样品名	规格	数量
生态袋(PP)	81 cm × 43 cm, 140 g	40
	80 cm × 40 cm, 130 g	20
	82 cm × 44 cm, 180 g	20
	112 cm × 51 cm, 125 g	80
	102 cm × 43 cm, 125 g	80
	105 cm × 50 cm, 150 g	40
	100 cm × 50 cm, 125 g	20
	100 cm × 45 cm, 150 g	40

2 生态袋材料试验数据及分析

2.1 材料试验数据成果

通过上述材料试验,共获得 75 组关键材料参数

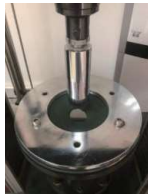
表 3 生态袋关键材料参数检测表		
检测项目	检测方法	试样数量
纵向拉伸强度/(kN·m ⁻¹)	握持拉伸试验	每组 5 个
横向拉伸强度/(kN·m ⁻¹)		
纵向断裂伸长率/%		
横向断裂伸长率/%	握持拉伸试验	每组 5 个
纵向撕裂强度/(kN·m ⁻¹)		
横向撕裂强度/(kN·m ⁻¹)		
CBR 顶破强度/kN	CBR 顶破试验	每组 5 个
等效孔径 O90/mm	等效孔径试验	每组 5 个
垂直渗透系数/(cm·s ⁻¹)	垂直渗透试验	每组 5 个
单位面积质量/(g·m ⁻²)	天平称重法	每组 10 个
纵向强度保持率/%	荧光紫外灯老化试验	每组 12 个
横向强度保持率/%		



(1)握持拉伸试验



(2)梯形撕裂试验



(3)CBR 顶破试验



(4)等效孔径试验



(5)垂直渗透试验



(6)称重之天平



(7)荧光紫外灯老化试验

图 1 生态袋材料试验现场之实景

(除横 / 纵向强度保持率数据外), 以及 40 组横 / 纵向强度保持率参数,限于篇幅表 4 仅列出其中 10 组材料参数。

2.2 生态袋材料试验数据概率统计分析

首先,按照常规土工合成材料检测试验的要求,通过计算得到关键材料参数的统计学意义上的算术平均值、标准差和变异系数,计算公式见式(1)~式(3),计算结果见表 5 所列。

算术平均值:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$

(1)

标准差:

表 4 生态袋关键材料参数试验部分数据一览表						
组号	单位面积质量/(g·m ⁻²)	纵向拉伸强度/(kN·m ⁻¹)	横向拉伸强度/(kN·m ⁻¹)	纵向伸长率/%	横向伸长率/%	纵向梯形撕裂强度/kN
1	129	13	13	45	47	0.27
2	145	12.1	10.3	40	97	0.33
3	148	11.24	11.92	31	92	0.31
4	136	9.73	10.32	64	57	0.41
5	163	11.63	12.13	66	83	0.44
6	139	13.86	12.11	35	91	0.4
7	141	14.07	12.23	37	93	0.33
8	138	11.01	11.29	31	95	0.31
9	142	11.63	10.02	76	62	0.34
10	147	11.98	12.2	60	52	0.32

组号	横向梯形撕裂强度/kN	CBR 顶破强度/kN	等效孔径 O ₉₀ /mm	垂直渗透系数/(cm·s ⁻¹)	纵向强度保持率/%	横向强度保持率/%
1	0.21	2.1	0.08	0.3	94.3	77.5
2	0.31	1.72	0.2	0.53	91.9	97.5
3	0.33	1.86	0.18	0.47	73.2	96.9
4	0.32	1.63	0.11	0.41	91.4	90.6
5	0.44	1.95	0.11	0.49	91.2	89
6	0.33	1.73	0.17	0.49	71.2	81.7
7	0.34	1.93	0.16	0.42	77.8	97.5
8	0.33	1.68	0.17	0.45	96	95
9	0.35	1.52	0.21	0.39	95	95
10	0.31	1.76	0.17	0.4	97.59	97.6

表 5 生态袋材料性能试验数据一览表						
项目	单位面积质量/(g·m ⁻²)	纵向拉伸强度/(kN·m ⁻¹)	横向拉伸强度/(kN·m ⁻¹)	纵向伸长率/%	横向伸长率/%	纵向梯形撕裂强度/kN
$\bar{x}$	150.35	12.2	11.37	45.99	72.97	0.30
σ	25.09	2.678	2.17	13.87	21.16	0.07
C_v	0.16	0.21	0.19	0.30	0.29	0.22

项目	横向梯形撕裂强度/kN	CBR 顶破强度/kN	等效孔径 O ₉₀ /mm	垂直渗透系数/(cm·s ⁻¹)	纵向强度保持率/%	横向强度保持率/%
$\bar{x}$	0.299	1.864	0.129	0.340	86.683	88.912
σ	0.082	0.388	0.047	0.152	9.120	7.618
C_v	0.273	0.208	0.361	0.448	0.105	0.086

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum (x_i - \bar{x})^2}$$

(2)

变异系数:

$$C_v = \frac{\sigma}{\bar{x}} \times 100\%$$

(3)

式中: n 为试样数量; x_i 为第 i 试样的测试值; $\bar{x}$ 为 n 块试样测试值的算术平均值 (简称平均值); σ 为标准差; C_v 为变异系数。

从表5所列数据可以看出:在目前尚未建立统一生态袋生产技术标准的前提下,生态袋的关键材料参数生产标准呈现出局部上的有序性和总体上的不稳定性,亟需具有统一标准的规范。

其次,通过利用数据分析软件 Origin 进行绘图,再根据数值分布情况选取适合的统计模型进行拟合。经分析,各项材料参数的试验数据基本符合正态分布模型,故选取 Gauss 正态分布函数数值模型进行非线性曲线拟合。Gauss 数值模型见式(4),曲线及参数意义见图2所示。

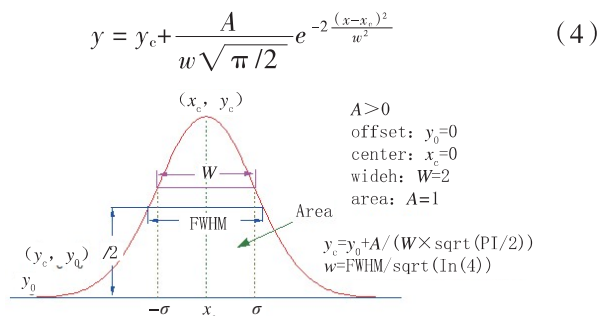


图2 Gauss 正态分布函数曲线模型及参数意义曲线图

(1)单位面积质量试验数据概率统计分析结果(95%保证率阈值:163.7 $\text{g} \cdot \text{m}^{-2}$),图3为单位面积质量试验数据拟合曲线图。

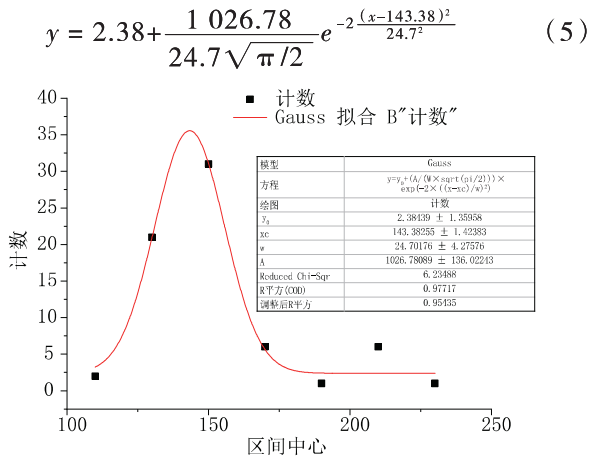


图3 单位面积质量试验数据拟合曲线图(单位: $\text{g} \cdot \text{m}^{-2}$)

(2)纵向拉伸强度试验数据概率统计分析结果(95%保证率阈值:13.2 kN/m),图4为纵向拉伸强度试验数据拟合曲线图。

$$y = 2.36 + \frac{102.63}{2.24\sqrt{\pi/2}} e^{-\frac{(x-11.38)^2}{2.24^2}} \quad (6)$$

(3)横向拉伸强度试验数据概率统计分析结果(95%保证率阈值:14.2 kN/m),图5为横向拉伸强度试验数据拟合曲线图。

$$y = 0.55 + \frac{140.08}{3.5\sqrt{\pi/2}} e^{-\frac{(x-11.3)^2}{3.5^2}} \quad (7)$$

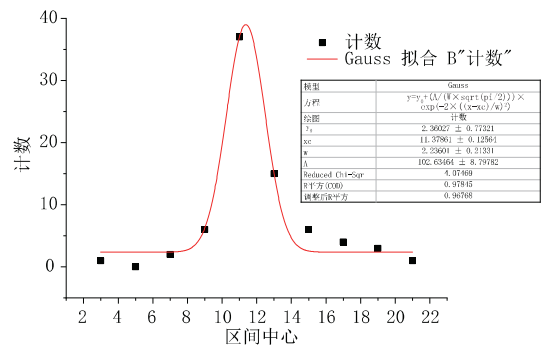


图4 纵向拉伸强度试验数据拟合曲线图(单位: kN/m)

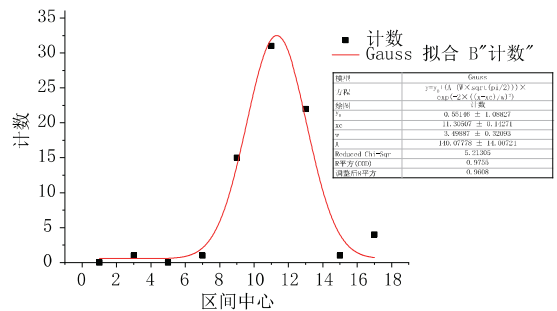


图5 横向拉伸强度试验数据拟合曲线图(单位: kN/m)

(4)纵向伸长率试验数据概率统计分析结果(95%保证率阈值:43.9 %),图6为纵向伸长率试验数据拟合曲线图。

$$y = 4 + \frac{722.22}{5.07\sqrt{\pi/2}} e^{-\frac{(x-39.72)^2}{5.07^2}} \quad (8)$$

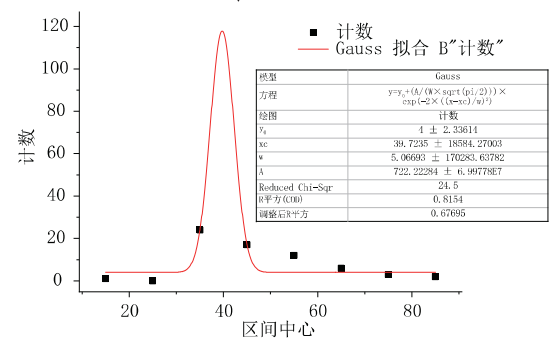


图6 纵向伸长率试验数据拟合曲线图(单位: %)

(5)横向伸长率试验数据概率统计分析结果(95%保证率阈值:64.1 %),图7为横向伸长率试验数据拟合曲线图。

$$y = 5.43 + \frac{731.74}{5.28\sqrt{\pi/2}} e^{-\frac{(x-59.74)^2}{5.28^2}} \quad (9)$$

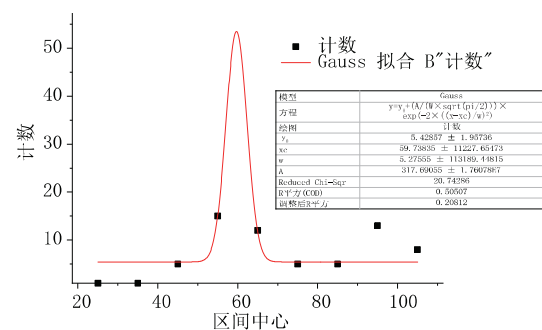


图7 横向伸长率试验数据拟合曲线图(单位: %)

(6)纵向梯形撕裂强度试验数据概率统计分析结果(95%保证率阈值:0.38 kN),图8为纵向梯形撕裂强度试验数据拟合曲线图。

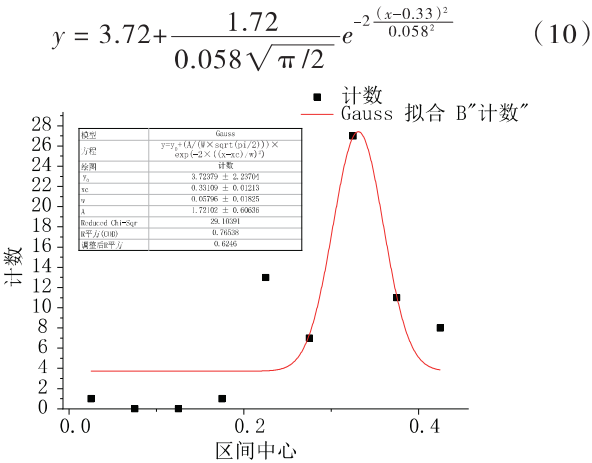


图8 纵向梯形撕裂强度试验数据拟合曲线图(单位:kN)

(7)横向梯形撕裂强度试验数据概率统计分析结果(95%保证率阈值:0.34 kN),图9为横向梯形撕裂强度试验数据拟合曲线图。

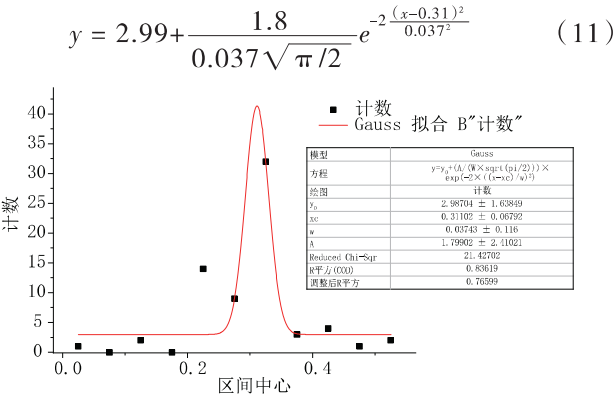


图9 横向梯形撕裂强度试验数据拟合曲线图(单位:kN)

(8)CBR 顶破强度试验数据概率统计分析结果(95%保证率阈值:2.21 kN),图10为CBR 顶破强度试验数据拟合曲线图。

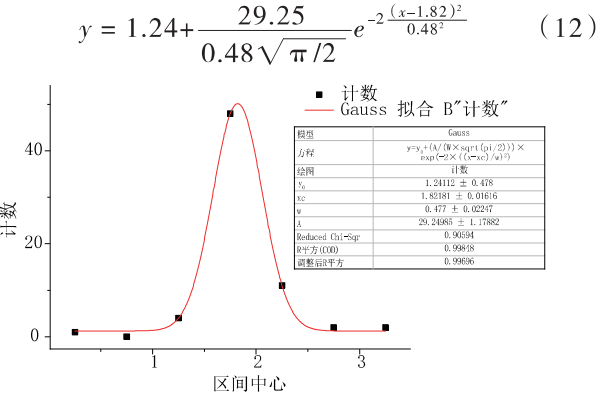


图10 CBR 顶破强度试验数据拟合曲线图(单位:kN)

(9)垂直渗透系数试验数据概率统计分析结果(95%保证率阈值:0.46 cm/s),图11为垂直渗透系数试验数据拟合曲线图。

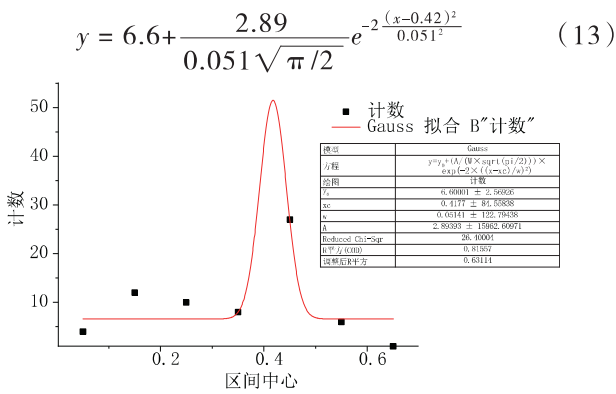


图11 垂直渗透系数试验数据拟合曲线图(单位:cm/s)

(10)等效孔径 O_{90} 试验数据概率统计分析结果(95%保证率阈值:0.2 mm),图12为等效孔径 O_{90} 试验数据拟合曲线图。

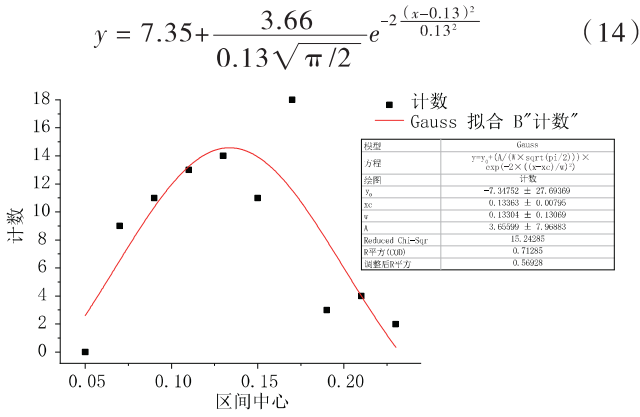


图12 等效孔径 O_{90} 试验数据拟合曲线图(单位:mm)

(11)纵向强度保持率试验数据概率统计分析结果(95 %保证率阈值:98 %),图13为纵向强度保持率试验数据拟合曲线图。

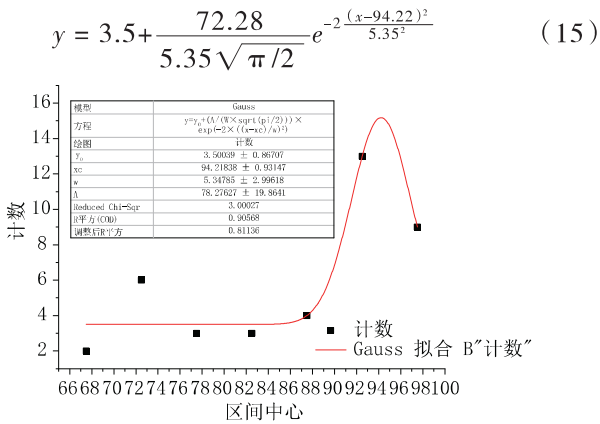


图13 纵向强度保持率试验数据拟合曲线图(单位:%)

(12)横向强度保持率试验数据概率统计分析结果(95 %保证率阈值:98 %),图14为横向强度保持率试验数据拟合曲线图。

$$y = 0.034 + \frac{218.26}{13.21\sqrt{\pi/2}} e^{-\frac{(x-87.92)^2}{13.21^2}} \quad (16)$$

2.3 生态袋材料推荐参数

依据上述概率统计分析结果,可以得到目前应

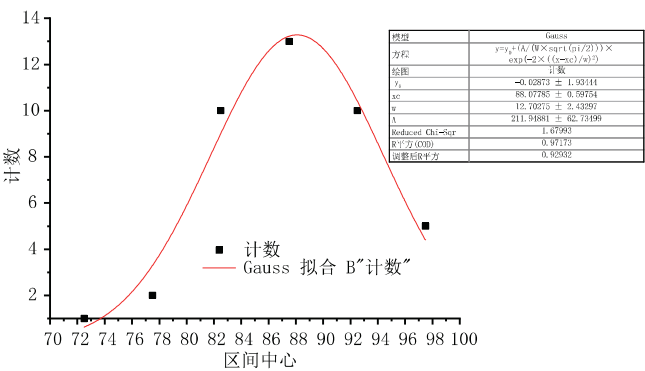


图 14 横向强度保持率试验数据拟合曲线图(单位:%)

用于上海市生态护岸建设中生态袋材料的各关键材料参数的概率密度函数及 95 %保证率的阈值。现结合《上海市河道生态治理设计指南(试行)》推荐标准,特提出如下生态袋材料关键参数指标推荐值(见表 6)。

3 结 论

从已在上海市护岸工程建设中应用过的生态袋供应商处采购试验样品,委托上海勘测设计研究院有限公司土工合成材料检测中心开展了材料试验,获得了大量的试验数据。然后应用概率统计学原理,以 Gauss 分布函数数值模型为基础,通过 origin 数据拟合软件对生态袋材料的性能检测数据进行拟合,得出了各关键材料参数满足 95%保证率的指标阈

表 6 上海市生态护岸建设中生态袋材料关键参数指标

推荐值一览表		
项目	推荐值	备注
单位面积质量/(g·m ⁻²)	不低于 150	不做强制性要求
纵向拉伸强度/(kN·m ⁻¹)	≥12.5	
横向拉伸强度/(kN·m ⁻¹)	≥12.5	
纵向伸长率/%	≥42	
横向伸长率/%	≥60	
纵向梯形撕裂强度/kN	≥0.30	
横向梯形撕裂强度/kN	≥0.30	
CBR 顶破强度/kN	≥2.1	
垂直渗透系数/(cm·s ⁻¹)	≥0.44	
等效孔径 O ₉₀ /mm	0.19~0.22	
耐久性 纵向强度保持率/%	>95%	150 h 紫外灯老化试验
指标 横向强度保持率/%	>95%	

值,然后结合《上海市河道生态治理设计指南(试行)》提出了生态袋关键材料参数的指标推荐值。其成果可为上海市生态袋护坡的设计、施工、质检提供技术支撑。此研究成果亦可为国内生态袋产品指标提供参考。

参考文献:

[1] 张琳琳,董文凯,沈小立,石永超,施玉青.土工合成材料在上海市生态护岸应用的调研[J].城市道桥与防洪:2019,2(2): 121-124

[2] 上海市水务局.上海市河道生态治理设计指南(试行)[Z].上海:上海市水务局,2013.

[3] SL 235—2012,土工合成材料测试规程[S].

(上接第 117 页)

(6)对铝合金材料特性及对桥梁设计中关键因素的把控,将提升铝合金材料的使用效率,降低建造成本。

参考文献:

[1] T/CECS 471—2017:铝合金人行天桥技术规程[S].

[2] GB 50429—2007:铝合金结构设计规范[S].

[3] 刘扬.某铝合金人行天桥的结构分析[D].南昌:南昌大学,2015.

[4] 陈勇.海口市海秀快速路某铝合金人行天桥设计及计算分析[J].中国市政工程,2019(3):94-97.