

文章编号:1671-8879(2005)02-0042-04

网状与条带式加筋土挡墙墙面位移的测试

高江平^{1,3}, 石兆旭², 俞茂宏¹

(1. 西安交通大学 建筑力学学院, 陕西 西安 710049; 2. 秦皇岛市交通局,
河北 秦皇岛 066000; 3. 长安大学 特殊地区公路工程教育部重点实验室, 陕西 西安 710064)

摘 要:通过对网状及条带式加筋土挡墙大型模型试验墙面位移的测试分析,研究了超载作用下网状与条带式加筋土挡墙墙面位移的分布形式,发现在超载作用下,条带式与网状加筋土挡墙的墙面位移形式相似,都呈上大下小、整个墙面绕墙趾向外位移且墙面位移随超载的增大而增大,但网状加筋土挡墙的墙面位移小,而且其上、下部位移相差的幅度亦较小。结果表明,网状加筋土挡墙的墙面位移小,墙体的整体工作性能较强。工程实践证明网状加筋土挡墙具有广阔的应用前景。

关键词:道路工程;网状加筋;条带式加筋;墙面位移

中图分类号:U417.115 **文献标识码:**A

Testing of surface's displacement about netted and striped reinforced wall

GAO Jiang-ping^{1,3}, SHI Zhao-xu², YU Mao-hong¹

(1. School of Architecture and Mechanics, Xi'an Jiaotong University, Xi'an 710049, China; 2. Department of Communications, Qinhuangdao City Government, Qinhuangdao 066000, China; 3. Key Laboratory for Special Area Highway Engineering of Ministry of Education, Chang'an University, Xi'an 710064, China)

Abstract: By testing and analyzing the pulling strains of both striped and netted reinforcement wall, the distributive forms of the netted and striped reinforced wall under the surcharge load were studied. It was found that the forms of wall displacement are similar to each other between the netted and striped reinforced wall under the surcharge load, the displacement increases with surcharge load's increasing, and it is large at the top and small at the bottom, so the whole front surface inclines toward outside around wall root, the striped one is different from the netted one in the magnitude and the extent of their displacement, both of the difference are smaller for the former than that for the latter. It indicates that the netted one is superior to the striped one in working property. The netted reinforcement wall will be widely used in engineering practice.

Key words: road engineering; netted reinforcement; striped reinforcement; wall displacement

0 引 言

加筋土挡墙的墙面位移方式对墙背土压力的大小及分布规律有很大影响,目前的加筋土结构内部

稳定性分析方法,大多是采用库伦和朗金理论导出。通常用于设计的方法可分为两类,一类是楔体平衡分析法即以库伦理论为基础,视加筋土为复合体^[1];另一类是应力分析法(即以朗金理论为基础,视加筋

收稿日期:2003-10-15

作者简介:高江平(1964-),男,陕西渭南人,长安大学副教授,西安交通大学博士后。

土为复合材料)^[2]。应力分析法假定加筋体的破坏模式类似于绕墙顶旋转的刚性墙所支承的填土,在极限荷载作用下加筋体的潜在破裂面为 $0.3H$ 法简化破裂面,加筋体中的应力状态,在结构顶部为静止状态,随深度逐渐向主动应力状态变动,当深度达到6 m以下便是主动应力状态;楔体平衡分析法假定加筋体填料为非粘性土,加筋体墙面顶部能产生足够的侧向位移,从而使墙面后达到主动极限平衡状态(即加筋体的墙面绕面板底端旋转),在加筋体内产生与垂直面成 θ 角的破裂面,作用于墙面板上的侧压力为库伦主动土压力。拉筋拉力随深度成直线比例增长,在拉筋长度方向上,自由端拉力为0,墙面处的拉力最大,其间呈线性变化。

本文经实测发现,对粘性填料金属加筋的加筋土挡墙,无论是条带式还是网状加筋,其墙面位移形式相似,都是上大下小,整个墙面绕墙趾向外位移,但网状加筋土挡墙的墙面位移小。对加筋土挡墙的土压力状态分析、自重土压力系数及超载土压力系数的确定亦在有关论文^[3]中提出了新的观点。

1 测试方案

1.1 条带式加筋土模型挡墙

1.1.1 模型挡墙的砌筑

试验用的模型箱为一矩形箱体,它利用角铁焊成框架,两边侧壁为固定于角铁框架上的有机玻璃板(厚10 mm),后壁为焊在角铁框架上的钢板。它们均具有足够的刚度,受力时基本不变形。模型箱的尺寸为:160 cm×130 cm×120 cm,分别用条带式加筋和网状加筋模型挡墙进行试验,加筋为宽13 mm、厚1 mm的铝合金带。回填土为甘肃定西黄土,其重型击实标准最大干容重 $\gamma_{dmax}=18.62 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-3}$,最佳含水量 $\omega_0=13.2\%$,从下而上,对应于墙高0~90 cm、90~104 cm、104~120 cm范围内,依次按90%、93%、95%的压实度控制击实,每分层的击实厚度约3 cm。

1.1.2 加筋应变测试方案

在外荷载 P 的作用下进行试验,选择墙面宽度的中间断面为位移测试断面,沿墙高布设了5个机电百分表 $L_1 \sim L_5$,测定墙面位移(图1)。

1.2 网状加筋土模型挡墙

与条带式加筋土模型挡墙砌筑及测试方法基本相同,将布筋由条带式变为网状。其布置图如图2所示。

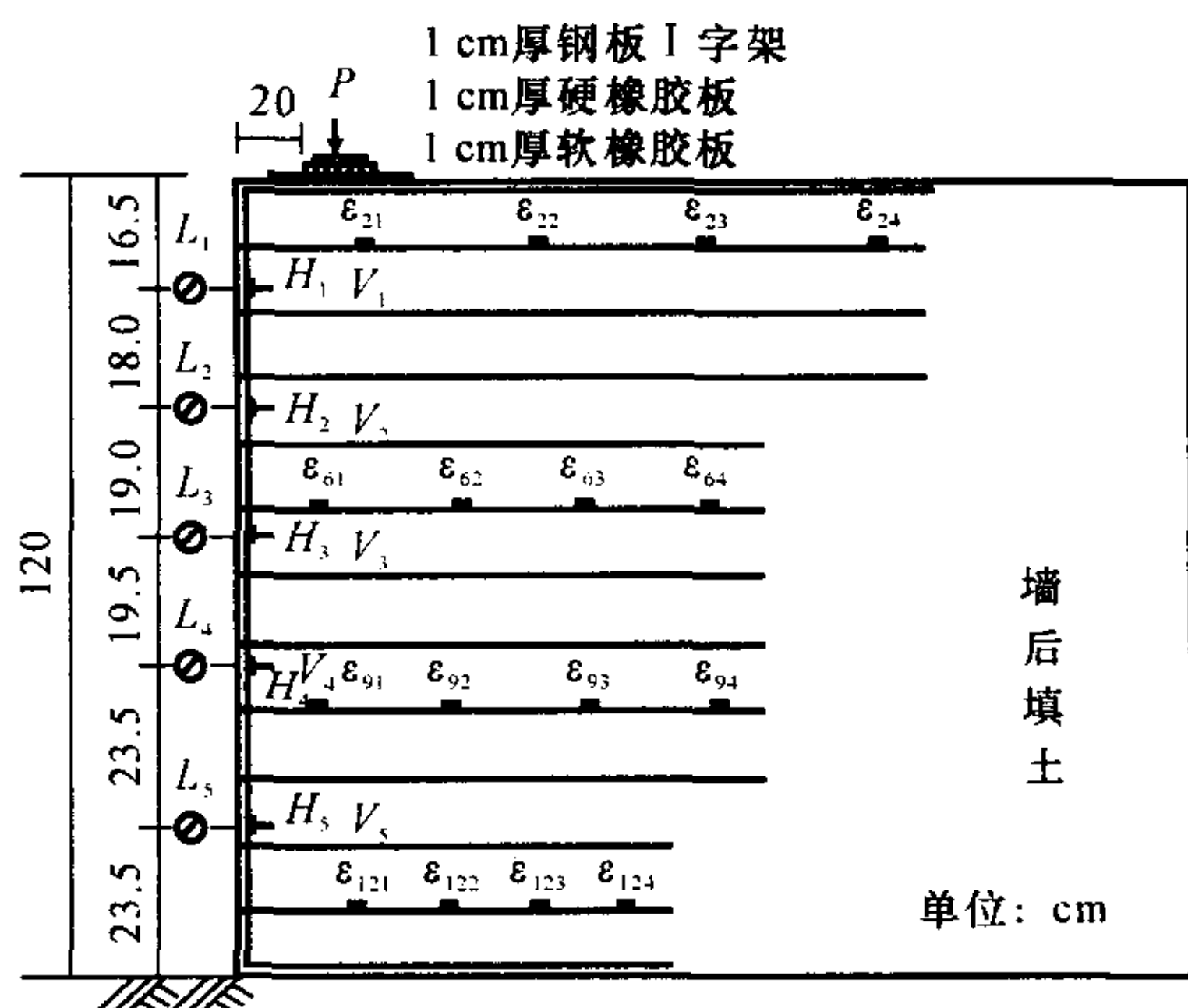


图1 条带式加筋土挡墙墙面位移测点布置图

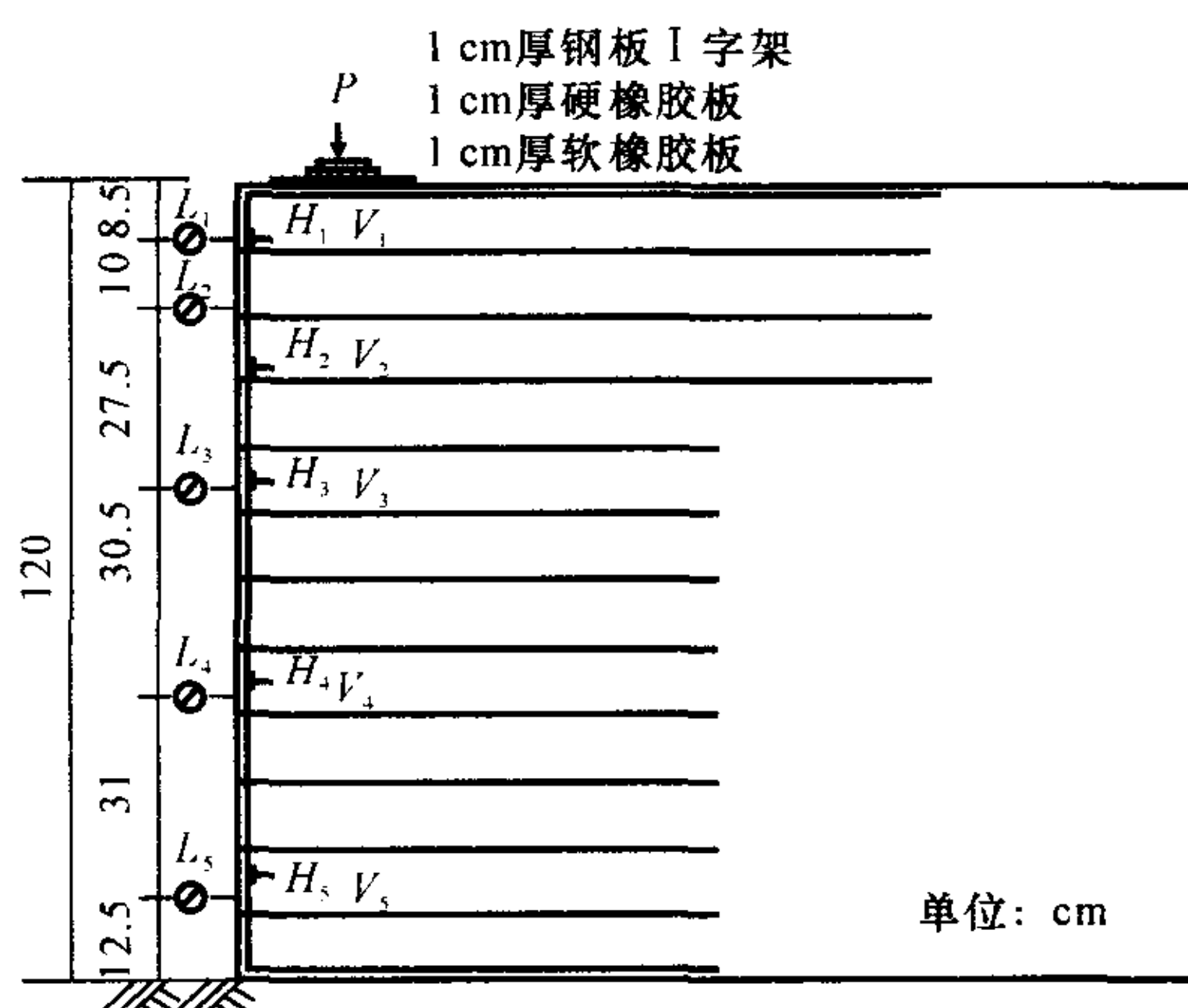


图2 网状加筋土挡墙墙面位移测点布置图

2 墙面位移的测试分析

2.1 测试结果

在超载作用下,条带式及网状加筋土挡墙墙面位移的测试结果如表1、表2所示。

2.2 测试结果分析

利用试验测试结果,绘出条带式 and 网状加筋土模型挡墙的荷载-墙面位移曲线(图3~图6)^[4]。

2.2.1 条带式模型墙荷载—墙面位移曲线特征

由图3可见,某一级荷载作用时,墙背不同高度的5个墙面位移测点的位移曲线具有如下特征:

(1)墙面上部第1、2两个测点的位移量远大于墙面下部第3、4、5三个测点的位移量,说明在超载作用下,模型墙的中上部为超载的主要受荷区。

(2)自墙顶向墙底,百分表按1、2、3、4、5的顺序,位移量不断减小,即在超载作用下,墙面绕墙趾向外转动的幅度与土体中附加应力沿竖向的分布规律相一致。

由图5可见:

(1)位于墙面上部的2个测点 L_1 、 L_2 的位移远

表 1 各级超载作用下条带式加筋土挡墙墙面位移

超 载		墙面水平位移					测点位移可用性				
总荷载/ kN	超载应力/ kPa	L ₁ / mm	L ₂ / mm	L ₃ / mm	L ₄ / mm	L ₅ / mm	√——可用		×——不可用		
							L ₁	L ₂	L ₃	L ₄	L ₅
12.35	77.19	0.06	0.01	−0.01	0.01	0.00	√	√	√	√	√
21.95	137.19	0.15	0.03	0.00	0.01	−0.02	√	√	√	√	√
29.50	184.38	0.20	0.03	−0.01	0.00	−0.02	√	√	√	√	√
40.18	251.13	0.39	0.13	0.03	0.00	−0.01	√	√	√	√	√
49.29	308.06	0.57	0.26	0.05	0.01	−0.01	√	√	√	√	√
58.60	366.25	0.78	0.41	0.09	0.07	−0.03	√	√	√	√	√
69.68	435.50	1.01	0.54	0.12	0.11	−0.04	√	√	√	√	√
77.81	486.31	1.35	0.79	0.17	0.23	−0.08	√	√	√	√	√
87.81	548.81	1.61	0.97	0.23	0.28	−0.07	√	√	√	√	√
96.92	605.75	1.99	1.23	0.31	0.41	−0.04	√	√	√	√	√
107.11	669.44	2.41	1.52	0.40	0.54	−0.05	√	√	√	√	√
117.11	731.94	3.04	1.93	0.50	0.72	−0.02	√	√	√	√	√
127.11	794.44	3.33	2.05	0.54	0.76	0.00	√	√	√	√	√
136.91	855.69	3.82	2.36	0.62	0.88	0.01	√	√	√	√	√
142.30	889.38	4.42	2.68	0.68	0.99	0.02	√	√	√	√	√
155.23	970.19	5.05	3.00	0.76	1.12	0.06	√	√	√	√	√
163.07	1 019.19	5.67	3.28	0.83	1.21	0.07	√	√	√	√	√
175.91	1 099.44	6.72	3.75	0.92	1.37	0.12	√	√	√	√	√
183.95	1 149.69	7.79	4.32	1.02	1.52	0.19	√	√	√	√	√
200.90	1 255.63	9.73	4.79	1.10	1.65	0.24	√	√	√	√	√
207.07	1 294.19	11.59	5.33	1.18	1.78	0.30	√	√	√	√	√
214.62	1 341.38	14.19	6.25	1.28	1.99	0.38	√	√	√	√	√
222.56	1 391.00	15.24	6.65	1.32	2.06	0.42	√	√	√	√	√
227.75	1 423.43	17.60	7.61	1.38	2.17	0.48	√	√	√	√	√

表 2 各级超载作用下网状加筋土挡墙墙面位移

超 载		墙面水平位移					测点位移可用性				
总荷载/ kN	超载应力/ kPa	L ₁ / mm	L ₂ / mm	L ₃ / mm	L ₄ / mm	L ₅ / mm	√——可用		×——不可用		
							L ₁	L ₂	L ₃	L ₄	L ₅
9.70	60.63	0.04	0.01	0.00	0.28	−0.01	√	×	√	×	√
19.50	121.88	0.11	0.01	0.02	0.38	−0.02	√	×	√	×	√
29.20	182.50	0.21	0.00	0.08	0.54	−0.03	√	×	√	×	√
38.32	239.50	0.31	−0.01	0.13	0.61	−0.01	√	×	√	×	√
48.80	305.00	0.44	0.01	0.21	0.63	−0.04	√	×	√	×	√
58.60	366.25	0.56	0.02	0.29	0.68	−0.05	√	×	√	×	√
68.31	426.94	0.69	0.01	0.38	0.78	−0.06	√	×	√	×	√
77.52	484.50	0.79	0.01	0.46	−1.17	−0.07	√	×	√	×	√
86.34	539.63	0.92	0.02	0.55	−1.19	−0.06	√	×	√	×	√
98.98	618.63	1.14	0.02	0.68	−0.94	−0.06	√	×	√	×	√
108.78	679.88	1.28	0.01	0.78	−0.64	−0.06	√	×	√	×	√
117.50	734.38	1.54	0.00	0.91	−0.42	−0.07	√	×	√	×	√
126.13	788.31	1.77	0.02	1.02	−0.31	−0.06	√	×	√	×	√
137.10	856.88	2.10	0.01	1.18	−0.14	−0.07	√	×	√	×	√
146.31	914.44	2.39	0.03	1.31	−0.10	−0.06	√	×	√	×	√
155.23	970.19	2.72	0.01	1.45	0.01	−0.05	√	×	√	×	√
165.23	1 032.69	3.06	0.02	1.60	0.17	−0.05	√	×	√	×	√
176.40	1 102.50	3.42	0.03	1.75	0.28	−0.05	√	×	√	×	√
184.73	1 154.56	3.81	0.01	1.92	0.41	−0.03	√	×	√	×	√
194.63	1 216.44	4.34	0.00	2.15	8.87	−0.03	√	×	√	×	√
202.08	1 263.00	4.66	−0.01	2.27	9.34	−0.03	√	×	√	×	√
213.54	1 334.63	5.32	0.01	2.51	10.25	−0.01	√	×	√	×	√
217.76	1 361.00	5.68	0.00	2.62	10.25	−0.02	√	×	√	×	√
236.87	1 480.44	7.04	−0.01	3.07	10.84	0.01	√	×	√	×	√

注:L₂不可用的原因:其值始终几乎不随超载而变化,说明此表安装时未与墙面板接触上;L₄不可用的原因:当荷载加载至 77.52 kN 时,位移值由 0.78 mm 突然跳至 −1.17 mm,当荷载加至 194.63 kN 时,位移值由 0.41 mm 突然跳至 8.87 mm,显然说明 TV08 的通道或百分表有问题。

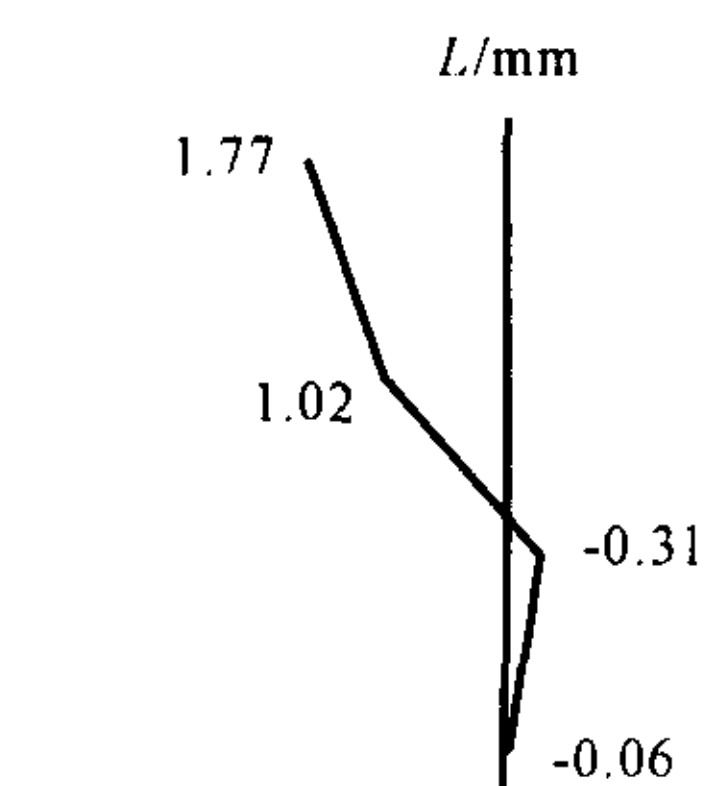


图3 条带式加筋土墙面位移图($P=126.42$ kN)

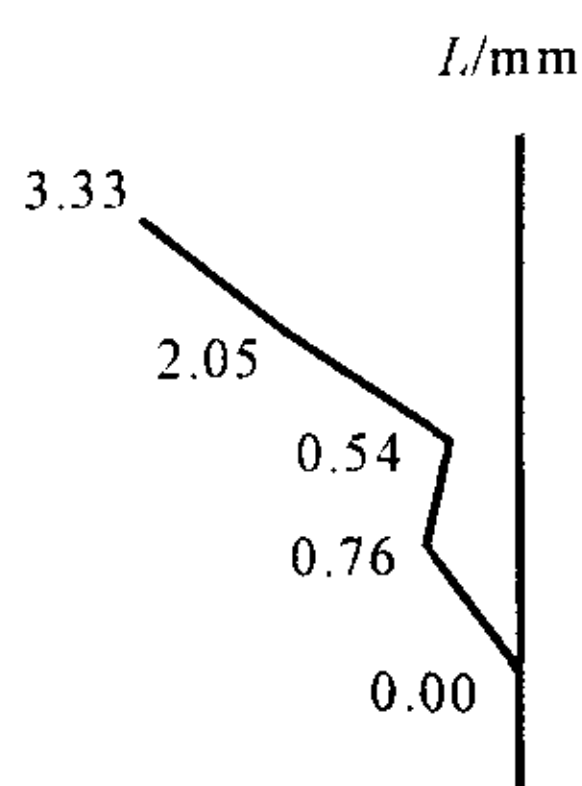


图4 网状加筋土墙面位移图($P=126.13$ kN)

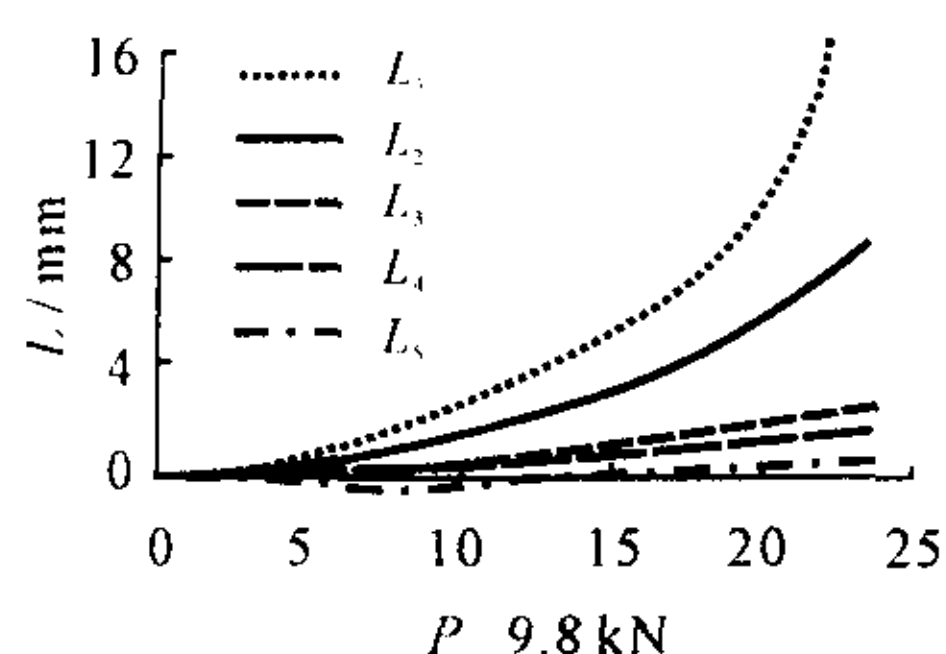


图5 条带式加筋土挡墙荷载-墙面位移曲线

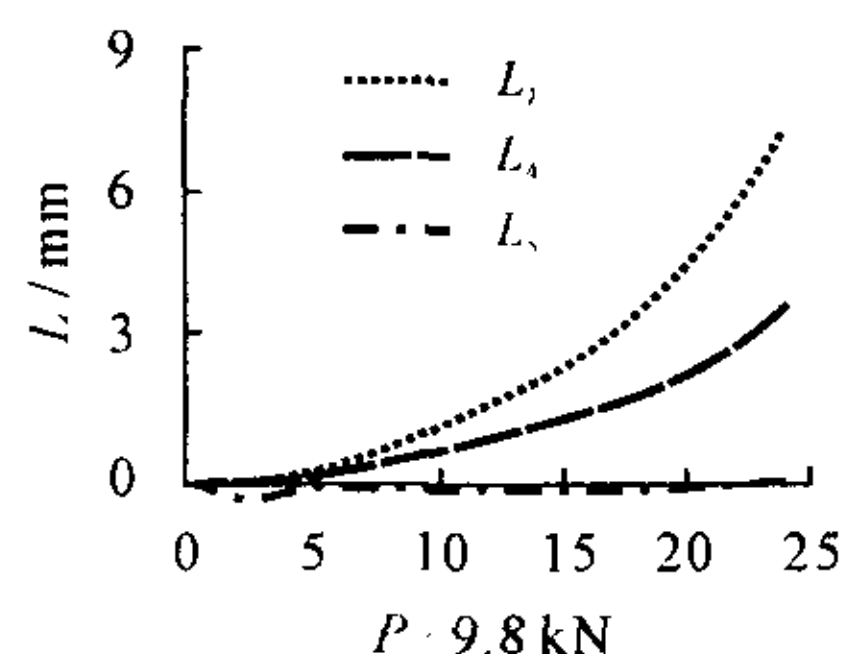


图6 网状加筋土挡墙各级荷载-墙面位移曲线

大于墙面下部测点 $L_3 \sim L_5$ 的位移,这进一步说明墙背的上部是附加土压力的主要受荷区。

(2) L_1 和 L_2 的 $P-L$ 曲线具有与地基载荷试验 $P-S$ 曲线极为相似的特征,也分为直线变形阶段、曲线变形阶段和变形急剧发展阶段,说明从墙面位移也可反映加筋体的工作情况。

2.2.2 网状模型墙荷载-墙面位移曲线特征

由图4可见,网状加筋土挡墙的墙面位移沿墙高自上而下不断减小,但相同超载作用下,网状加筋土挡墙的上部墙面位移比条带式加筋土挡墙对应点的位移量小得多。而墙的下部,前者仍比后者的位移小。但网状加筋土挡墙墙面上下位移相差的幅度比条带式的小^[5,6]。

由图6可见,网状比条带式加筋土挡墙的 L_1 小得多,但条带式却比网状加筋土挡墙的 L_4 大;而墙面位移沿墙高总的分布特征较相似,都呈上大下小,整个墙面绕墙趾外移且墙面位移随超载的增大而增大,所不同的是网状加筋土挡墙的墙面位移小,而且其上、下部位移相差的幅度亦较小。这说明网状加筋土挡墙的墙面位移小,墙体的整体工作性能好,网状加筋的抗拔力远大于条带式加筋的抗拔力。

3 结 语

由试验测试结果的分析可知,在超载作用下,条带式与网状加筋土挡墙的墙面位移形式相似,都呈上大下小,整个墙面绕墙趾向外位移且墙面位移随

超载的增大而增大,但网状加筋土挡墙的墙面位移小,而且其上、下部位移相差的幅度亦较小。这说明网状加筋土挡墙的墙面位移小,墙体的整体工作性能较强。

参考文献:

References:

- [1] 曾令录. 南昆铁路钢塑复合带加筋土挡土墙的试验研究[J]. 路基工程, 1999, (4): 41—45.
ZENG Ling-lou. Experimental study on steel-plastic composite reinforced retaining wall[J]. Chinese Journal of Subgrade Engineering, 1999, (4): 41—45.
- [2] 俞锡健. 土工合成材料加筋支挡结构的研究[J]. 路基工程, 1997, (2): 34—38.
YU Xi-jian. Study on the geosynthetics reinforced retaining wall[J]. Chinese Journal of Subgrade Engineering, 1997, (2): 34—38.
- [3] 高江平, 俞茂宏, 胡长顺, 等. 加筋土挡墙土压力及土压力系数分布规律研究[J]. 岩土工程学报, 2003, 25(5): 582—584.
GAO Jiang-ping, Yu Mao-hong, HU Chang-shun, et al. Study on the distributive rule of the earth pressure and its coefficient of the reinforced earth wall[J]. Chinese Journal of Geotechnical Engineering, 2003, 25(5): 582—584.
- [4] 高江平, 胡长水, 俞茂宏. 网状及条带式加筋土挡墙加筋应变的测试[J]. 长安大学学报(自然科学版), 2004, 24(5): 24—26.
GAO Jiang-ping, HU Chang-shui, YU Mao-hong. Testing of pulling strains of both striped and netted reinforcement wall[J]. Journal of Chang'an University (Natural Science Edition), 2004, 24(5): 24—26.
- [5] 李海深, 杨果林, 邹银生. 加筋土挡土墙动力特性分析[J]. 中国公路学报, 2004, 17(2): 28—31.
LI Hai-shen, YANG Guo-lin, ZOU Yin-sheng. Analysis of dynamic character of reinforced earth retaining wall[J]. China Journal of Highway and Transport, 2004, 17(2): 28—31.
- [6] 张友葩, 高永涛, 吴顺川, 等. 失稳挡土墙加固数值分析[J]. 交通运输工程学报, 2003, 3(4): 17—21.
ZHANG You-pa, GAO Yong-tao, WU Shun-chuan, et al. Numerical analysis of reinforcement for unstable retaining wall[J]. Journal of Traffic and Transportation Engineering, 2003, 3(4): 17—21.