

加筋土挡土墙拉筋最大拉力的确定*

吴雄志

(河北煤炭建工学院建工系, 邯郸)

一、引言

拉筋最大拉力的确定是加筋土挡土墙设计中的一个重要环节, 它直接影响到拉筋材料、长度及条数的确定。然而, 这一问题在工程设计中还未能很好地解决。大量的原型试验及模型试验结果表明, 现有的几种计算方法不能很好地与试验结果吻合, 这就给加筋土挡土墙的设计, 以及内部稳定分析带来了不合理的因素。本文首先讨论了现有的两种主要计算方法, 指出了它们不能正确反映拉筋最大拉力的原因, 而后提出了一种以变压力系数为基础, 并考虑墙后填土破裂面影响的拉筋最大拉力计算方法。与模型试验及原型试验结果比较表明, 该方法与试验结果具有良好的吻合趋势。

二、现有的两种计算方法^[1,2]

(一)按朗金理论计算:

此方法基本假定如下:

1. 每根拉筋的最大拉力发生在拉筋与墙面板的联结处;
2. 墙面板所受土压力按朗金主动土压力计算。

由此推得第*i*层拉筋的最大拉力为:

$$T_{i\max} = K_a \gamma h_i S_x S_y \quad (1)$$

式中 h_i 为第*i*层拉筋的埋置深度; S_x , S_y 分别为拉筋的水平向及竖向间距。

大量的试验资料表明, 这一方法与实际结果是不相符的, 主要原因有二:

1. 加筋土挡土墙的土压力系数沿墙高并非一个常数 K_a ;
2. 拉筋的最大拉力并不发生在其与墙面板的联结处。这两点已被众多的试验所证实。

(二)填土中竖向应力 σ_v 沿水平向为梯形分布假设(简称梯形分布法)

如图1所示, 此方法将加筋区看作一个由拉筋和填土组成的整体。考虑这个整体背后填土的土压力对加筋区的影响, 加筋区内的竖向应力将沿水平方向呈梯形分布。加筋区后的填土对A点产生的力矩为

$$M = \frac{1}{6} \gamma h_i^3 K_a \quad (2)$$

*煤炭科学基金资助项目
到稿日期: 1991-04-11.

该力矩在A点产生的竖向应力为

$$\Delta\sigma_v = \gamma h_i K_a \left(\frac{h_i}{L} \right)^2 \quad (3)$$

式中 L 为拉筋长度。因此, A点的竖向应力为

$$\sigma_v = \gamma h_i + \Delta\sigma_v = \gamma h_i \left[1 + K_a \left(\frac{h_i}{L} \right)^2 \right] \quad (4)$$

由此算得第 i 层拉筋的最大拉力为

$$T_{i\max} = K_a S_x S_y \gamma h_i \left(1 + K_a \frac{h_i^2}{L^2} \right) \quad (5)$$

本文认为, 土是一种松散材料, 墙后填土的土压力 E_a 只能对加筋区土体产生剪力作用, 而不会产生弯曲作用, 因此, 式(3)是值得商榷的。同时, 由文献[3, 4]的实测资料可以看出, 竖向应力 σ_v 沿水平方向的分布并不具备这样的规律, 相反, 随着距墙面板距离的增大, σ_v 有增长的趋势。此外, 这一方法同样具有朗金法的不足。

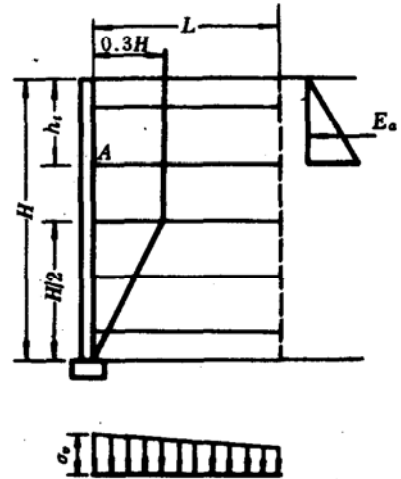


图 1

三、本文建议的方法

(一) 加筋土挡土墙的土压力系数

在加筋土挡土墙中, 拉筋与填土间的摩擦力阻止了土体的侧向变形, 而这种阻碍作用取决于配筋量以及上覆土压力的大小。当加筋土挡土墙在低层填筑时, 配筋量和上覆土压力都很小, 因此这种阻碍作用也很小, 以致于不能稳固地锁定底板。随着填土的增高和配筋量的增大, 强大的拉筋摩阻力不仅足以锁定高处的墙面板, 而且也保证了在墙的低处土压力不会再增加。实测资料表明, 土压力分布为一曲线, 在墙的下部有变小的趋势, 原因就在于此。文献[3, 5]表明, 在墙踵处, 位移量约为 $(H/100 \sim 5H/100)$, 这已大大超过了产生主动土压力所需位移的经验数值 $(1 \sim 2\%)H$, 而墙顶处的位移量则很小。基于这种情况, 本文假定土压力系数 K 在墙踵处为主动土压力系数之半, 在墙顶处为静止土压力系数 K_0 , 中间呈线性变化, 用公式表示为

$$K = K_0 \left(1 - \frac{h}{H} \right) + 0.5 K_a \frac{h}{H} \quad (6)$$

静止土压力系数可取为 $K_0 = 1 - \sin \varphi$

根据文献[3]试验结果整理表明, 该式与实测资料吻合较好(如图2)。由式(6)可得加筋土挡土墙墙背土压力分布为

$$e = K_0 \gamma \left(h - \frac{h^2}{H} \right) + 0.5 K_a \gamma \frac{h^2}{H} \quad (7)$$

这是一条抛物线。

(二) 拉筋最大拉力的计算

由式(6)推得, 在拉筋与墙面板的联结处, 每根拉筋应分担相应位置处面积为 $S_x \cdot S_y$ 上的墙面板土压力, 即

$$T_{i0} = K_0 \gamma (h_i - \frac{h_i^2}{H}) S_x S_y + 0.5 K_a \gamma \frac{h_i^2}{H} S_x S_y \quad (8)$$

式中 T_{i0} 为第 i 层拉筋在与墙面板联结处所受拉力。

拉筋最大拉力 $T_{i\max}$ 发生在拉筋与破裂面的交点处, 这说明, 在主动区和锚固区, 拉筋所受摩擦力的方向是不同的, 如图 3 所示。因此, 拉筋最大拉力 $T_{i\max}$ 应等于拉筋与墙面板联结处的拉力 T_{i0} 与主动区拉筋所受摩擦力 f 之和, 即

$$T_{i\max} = T_{i0} + f \quad (9)$$

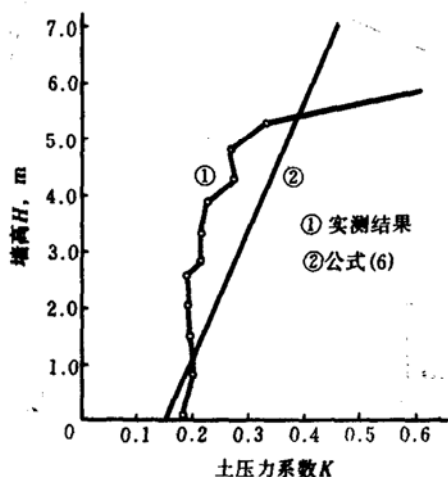


图 2

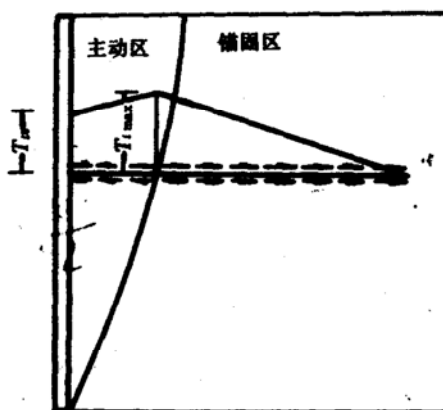


图 3

在主动区, 由于滑裂面的产生, 使得拉筋与填土间的摩擦力最大限度地发挥, 即

$$f = 2bL_a\gamma h_i f^* \quad (10)$$

式中 b 为拉筋宽度; L_a 为主动区内拉筋长度; f^* 为拉筋与填土间的摩擦系数。

关于破裂面形状, 本文建议采用日本“加筋土挡墙设计施工指南”所提出的形式, 即

$$\left. \begin{aligned} L_a &= 0.3H & h_i &\leq 0.5H \\ L_a &= 0.6(H - h_i) & h_i &> 0.5H \end{aligned} \right\} \quad (11)$$

其形状见图 1。

四、算 例

现利用本文方法分别对一模型试验结果和一原型试验结果进行验证。

(一) 模型试验^[4]

模型试验是在 $1100\text{mm} \times 2080\text{mm} \times 2240\text{mm}$ 的模型槽内进行的。试验墙高 91cm , 墙面板采用十字型钢筋混凝土板, 七层有机玻璃拉筋, 拉筋宽度为 30mm ; $S_x = 130\text{mm}$; S_y 分布不均。墙后填土为天然河砂, $\gamma = 15.7\text{kN/m}^3$; $\varphi = 32.8^\circ$ 如图 4 所示, 更详细的情况请参阅文献[4]。

试验结果及各种方法的计算结果汇总于表 1, 2 及图 5, 6 中, 计算过程从略。

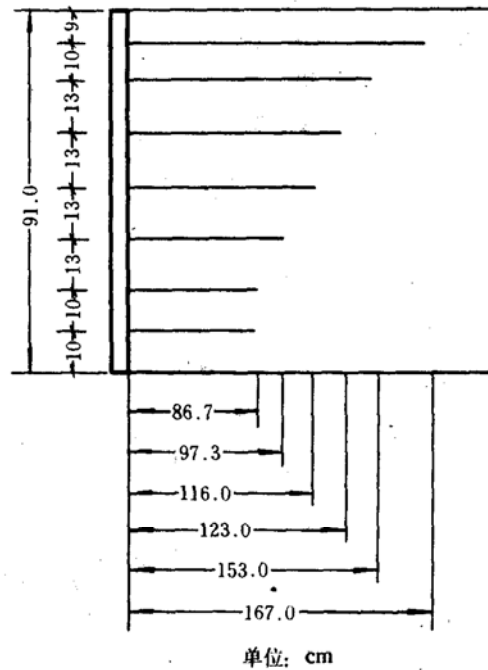


图 4

表 1 侧压力计算与实测结果

测 点	深 度 (cm)	土压力强度 e (kPa)			
		实测值	本文值	朗金理论	静止土压力
1	11	0.7	0.7	0.5	0.8
2	31	1.9	1.7	1.4	2.2
3	51	1.2	2.3	2.4	3.7
4	71	1.7	2.4	3.3	5.1
5	91	1.7	2.1	4.2	6.5

表 2 模型墙拉筋最大拉力计算与实测结果

拉 筋 序 号	深 度 (cm)	最大拉力 $T_{\max}$ (kN)			
		实测值	本文值	朗金理论	梯形分布法
1	9	0.042	0.016	0.005	0.005
2	19	0.040	0.035	0.012	0.012
3	32	0.094	0.063	0.025	0.026
4	45	0.086	0.083	0.035	0.037
5	58	0.055	0.084	0.046	0.051
6	71	0.049	0.064	0.043	0.052
7	81	0.034	0.049	0.049	0.062
总 计		0.400	0.394	0.215	0.245

(二) 原型试验^[2]

原型墙系广州—从化公路加筋土足尺试验墙，墙高5.0m，布置十层拉筋，拉筋宽度

$b=0.25\text{m}$; 长度 $L=2.82\sim 4.0\text{m}$; 墙后填土 $\gamma=17.95\text{kN/m}^3$, $\varphi=38^\circ$, 其余资料详见文献[2]。拉筋最大拉力的实测结果及各种方法计算结果示于表3, 计算过程从略。

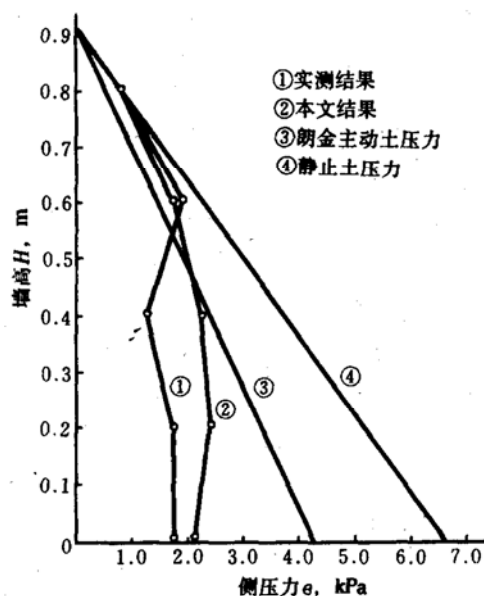


图5

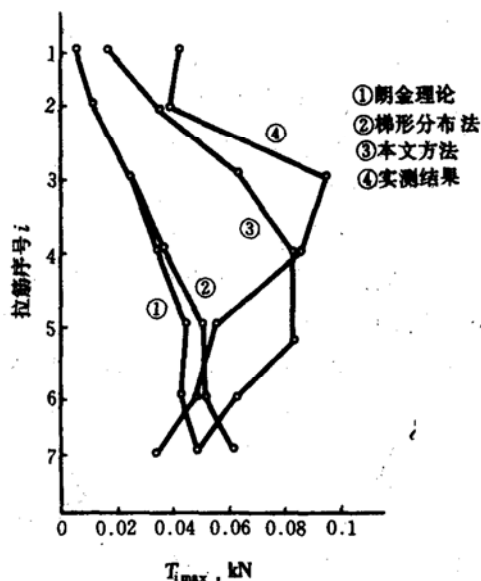


图6

表3

原型墙拉筋最大拉力计算与实测结果

拉 筋 序 号	深 度 (m)	最大拉力 $T_{\max}$ (kN)			
		实测值	本文值	朗金理论	梯形分布法
4	1.75	11.4	15.2	4.2	4.6
6	2.75	12.5	15.4	6.6	8.1
8	3.75	16.5	14.2	9.0	12.7

(三) 结果分析

从表1及图5可以看出, 朗金土压力理论及静止土压力理论算出的土压力偏大, 特别是在墙的下半部分更明显。而本文方法最接近于试验结果, 进一步证实了土压力系数沿高墙高变化假设(式(6))的合理性, 同时也体现了拉筋与填土之间的摩擦力对土体侧向变形的约束作用。

从表2、图6及表3可以看出, 本文方法与朗金理论及梯形分布法相比, 计算得的拉筋拉力在数值上最接近于实测值, 更重要的是在变化趋势上与实测结果吻合良好, 这就有效地解释了“挡墙中最大的拉筋拉力并不发生在最底层拉筋”这一被许多试验证实的事实。而后两种方法在数值上和变化趋势上所产生的误差几乎不能被工程界所允许。

与实测结果相比, 朗金理论计算得的土压力强度偏大, 而拉筋拉力反而偏小, 其主要原因在于它没有考虑主动区内拉筋所受摩擦阻力的影响。

五、结 语

1. 加筋土挡土墙拉筋拉力的大小及其分布规律是加筋土结构设计的关键问题, 也是自七十年代我国开始研究和建造加筋土结构以来众所关心的问题。本文在理论分析和试验分析的

基础上,提出的这种计算方法,通过与实测结果的比较显示了其合理性和可靠性。

2.本方法具有实施简单、参数易于确定的特点,因而便于在工程设计中推广应用。

参 考 文 献

- [1] 华祖焜.加筋土结构的适用领域与设计理论[学术报告].湖南省铁道学会, 1987: 23~24.
- [2] 张师德, 吴邦颖.加筋土结构原理及应用.中国铁道出版社, 1986: 37~96.
- [3] 长沙铁道学院加筋土研究组.衡广复线坪石车站站道路加筋土挡墙原位测试报告.第五届铁路地质和路基科技动态报告会论文, 1990: 7~11.
- [4] 周锡九.加筋土挡土墙室内模型试验研究[研究报告].北方交通大学, 1987.
- [5] Juran I, Christopher B. Laboratory Model Study on Geosynthetic Reinforced Soil Retaining Walls. Journal of Geotechnical Engineering, 1989, 115(7): 905~925.

《人民黄河》发行告示

本刊1993年将改为自办发行,每期定价1.2元,全年14.4元。为保证您能够及时、如数地收到杂志,请您直接向黄委会宣传出版中心《人民黄河》编辑部订购。订款可信汇或邮汇,要注明汇款用途。信汇开户行:河南省郑州市工商银行二办东城所,开户:黄委会宣传出版中心,帐号1214423。邮汇地址:河南省郑州市金水路11号《人民黄河》编辑部。邮编450003。

勘 误 一

本刊1992年第2期p.68~69作如下更正:

	误	正
式(5)	$v_x = \frac{1}{A} [\dots]$ $v_y = \frac{1}{A} [\dots]$	$v_x = -\frac{1}{A} [\dots]$ $v_y = -\frac{1}{A} [\dots]$
式(7)	$v'_x = -\frac{1}{A} [(l_1 + l_2 x)X + \dots]$ $v'_y = -\frac{1}{A} [\dots + (l_2 + 10y)\bar{Y} + \dots]$	$v'_x = -\frac{1}{A} [(l_1 + l_2 x)X + \dots]$ $v'_y = -\frac{1}{A} [\dots + (l_2 + l_{10}y)\bar{Y} + \dots]$
式(8)	$N = -\frac{1}{A} \begin{bmatrix} \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & l_2 + l_{11}y \end{bmatrix}$	$N = -\frac{1}{A} \begin{bmatrix} \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & l_2 + l_{11}y \end{bmatrix}$

勘 误 二

本刊1992年第4期p.97作如下更正:

行	误	正
7	$R_m > \frac{P_{c2}}{2}$	$R_m < \frac{P_{c2}}{2}$
例4	每增1天	每增1d