

柔性挡墙在砂性填土中的土压力试验研究^{*}

An experimental study of earth pressure on retaining wall in sandy soils

刘晓立
(华北航天工业学院土木系, 廊坊, 065000)

严 驰 吕宝柱 陈宝珠
(天津大学水资源与港湾工程系, 天津, 300072)

中图法分类号 TU 432

作者简介 刘晓立, 女, 1965 年生, 1996 年在天津大学土木系获硕士学位, 现为华北航天工业学院土木系副教授, 从事深基础及基坑等课题研究。

1 前 言^{*}

高层建筑的修建, 使得深基坑开挖与支护的研究有了很大的发展, 累积了不少宝贵的经验。但基坑支护设计理论还远未达到完善, 存在不少问题需要进一步研究解决, 而所有问题的关键是柔性挡墙上土压力的计算问题。土压力大小的确定, 关系支护结构体系的内力和变形设计计算方法, 从而直接影响支护结构的安全性、稳定性和合理性。同时又直接影响着建筑物的造价。因此, 寻找能够真实反映出深基坑支护结构的土压力大小及其分布规律是一个亟待解决的问题。本文的目的在于试图通过大型室内试验, 模拟实际工况, 弄清挡土墙上土压力的大小及其分布规律随变形的变化, 以期完善挡土墙土压力理论。

2 试验概述

2.1 试验内容及模型板桩设计

(1) 试验内容

本试验探讨悬臂板桩及单锚板桩 2 种工况在砂土中随不同的挖土深度, 土压力的强度分布规律。

(2) 模型板桩设计

试验在长 6.1 m, 宽 2.5 m, 深 2.2 m 试验槽内进行, 如图 1。

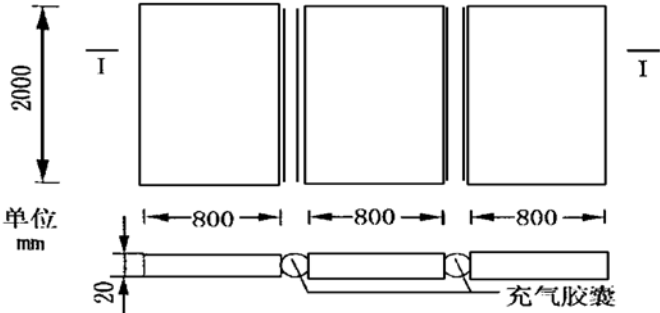


图 1 模型板桩示意图

Fig. 1 Illustration of the model sheet piles

模型板桩采用各向均质的 PV(聚氯乙烯)塑料板, 沿槽宽度方向布设 3 块, 每块高 2.0 m, 宽 0.8 m, 厚 0.02 m。

经材料试验, 其弹性模量 $E = 3.41 \times 10^3 \text{ N/mm}^2$, 抗弯刚度 $EI = 1.82 \times 10^8 \text{ N} \cdot \text{mm}^2$ 。为满足平面变形条件, 消除中间板的边界效应, 在 3 块模型板之间各放一充气胶囊。这样空间因素由两侧的板消除。可保证中间一块模型板非常接近平面变形状态, 故将量测点全部布置于中间一块板上, 试验过程中跟踪采集数据。

2.2 试验用土

试验用砂土为风干的海滨细砂, 其有关参数见表 1。

Table 1 Data of the sand used in the experiment				
指标	重度 $\gamma / (\text{kN} \cdot \text{m}^{-3})$	内摩擦角 $\varphi / (^\circ)$	平均粒径 d / mm	不均匀系数 C_u
量值	16	31	0.26	1.65

2.3 传感器设置及测试方法

(1) 土压力盒

用于量测土压力的传感器是电阻应变式压力盒, 其主要规格如表 2。

Table 2 Main specifications of the strain gauge pressure cells				
型号	应变片种类	接桥方式	外型尺寸 $/ \text{mm}$	量程 $/ (\text{kN} \cdot \text{m}^{-2})$
BW-0.3	箔式	全桥	$\Phi 28 \times 8$	30

在模型板后主动侧布设 3 列共 22 个土压力盒, 其中在轴线处布设 1 列, 间距 15.7 cm, 共 11 个; 两侧 2 列合计 11 个, 为避免模型板截面被削弱, 两侧压力盒位置交错布设, 间距 31.4 cm。模型板前被动侧布设 2 列共 12 个土压力盒, 间距为 15.7 cm, 如图 2。

(2) 拉力传感器

^{*} 天津市自然科学基金(No. 963607011)资助项目
到稿日期: 1997-09-22

静止土压力随着被动侧挖砂深度的增加逐渐趋近朗肯主动土压力,但挖砂深度达到 90 cm 后,挖砂面以下主动侧土压力减至小于朗肯主动土压力而接近一个常量,图 3c。模型板被动侧(挖土侧)土压力,其上部接近朗肯被动土压力,而下部则远小于朗肯被动土压力。

上述土压力的分布形态与变化趋势明显不同于目前工程实际中护坡桩常采用的三角形分布的朗肯土压力。

试验实测土压力的分布形式是在板出现倾斜位移时发生的。在接近开挖面位置处,土体受到挤压达到屈服强度。但在板的根部,其位移几乎为零,土压力仍未达到极限状态的被动土压力值,此结论与文献[1]相同。

综上试验结果及分析可见,对于悬臂板桩以失稳状态作为板桩的破坏形式来计算时,土压力状态与线性分布的朗肯土压力不同。总主动土压力、总被动土压力均分别小于朗肯总主动土压力、总被动土压力。静力平衡条件下,板上土抗力分布如图 4。

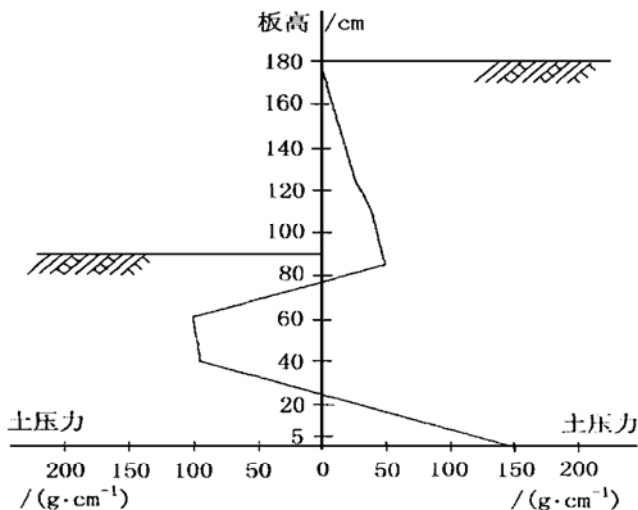


图 4 挖深 90 cm 处土抗力分布图

Fig. 4 Earth reaction distribution at the dug depth of 90 cm

3.2 单锚板上土压力

图 5a 至图 5c 为填砂稳定后各分段挖砂过程中,板上土压力的分布情况及锚拉力的大小。

从图中可见,板后非挖土侧土压力随开挖面深度增加,最终会出现上部区域(拉锚附近)土压力值大于朗肯主动土压力值,下部区域土压力值小于朗肯主动土压力值。板前挖土面一侧的土压力亦不同于朗肯被动土压力,其分布形态仍为上大下小,与悬臂板实测情况相同,被动区土体仅是一部达到被动状态。

实测土压力与朗肯土压力的差异在于,对于单锚板,随开挖面深度增加锚拉力增大,板后土体对板的反作用力增大。因此,出现局部土压力值大于主动土压

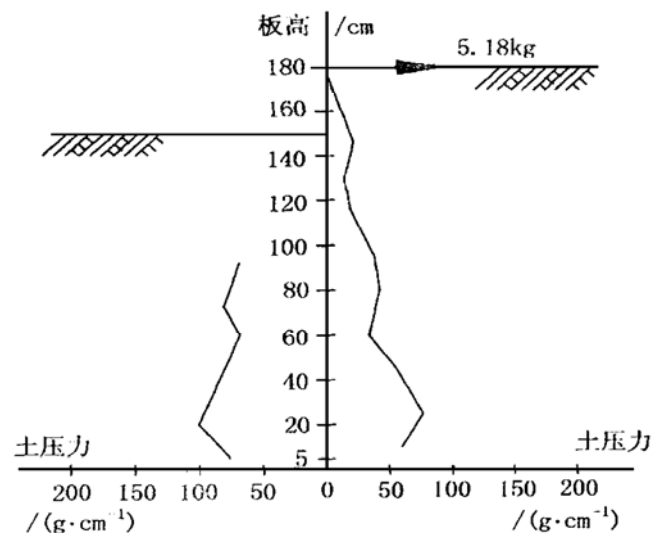


图 5a 挖深 30 cm 处土压力变化曲线

Fig. 5a Variation of earth pressure at the dug depth of 30 cm

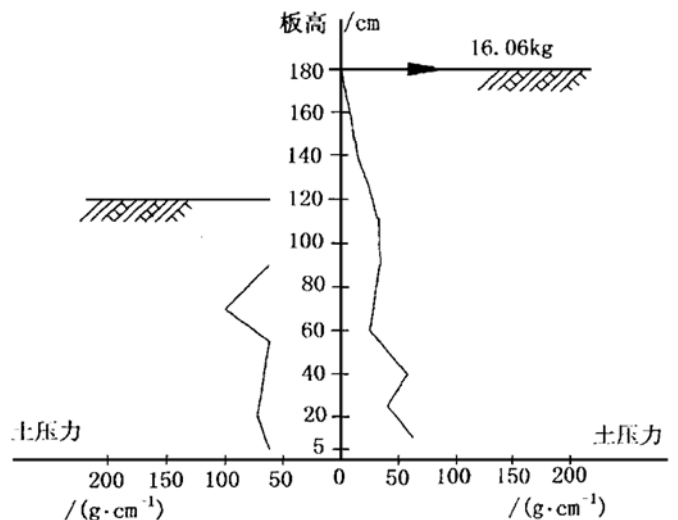


图 5b 挖深 60 cm 处土压力变化曲线

Fig. 5b Variation of earth pressure at the dug depth of 60 cm

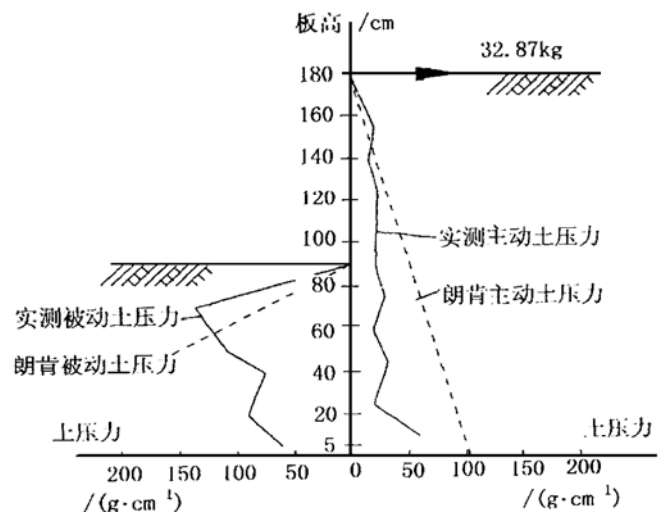


图 5c 挖深 90 cm 处土压力变化曲线

Fig. 5c Variation of earth pressure at the dug depth of 90 cm

力值的现象,尤其在拉锚附近,出现峰值,使土压力出现 R 形分布状态。在拉锚杆以下,随着土层开挖,板的变形增大,土压力逐渐减小。板前被动区土体随开挖深度增加,板变形增大,使土体受到挤压,故仍会出现与悬臂板类似的土压力值上大下小的形式。此结论与文献[2]相同。静力平衡条件下,板上土抗力分布如图 6。

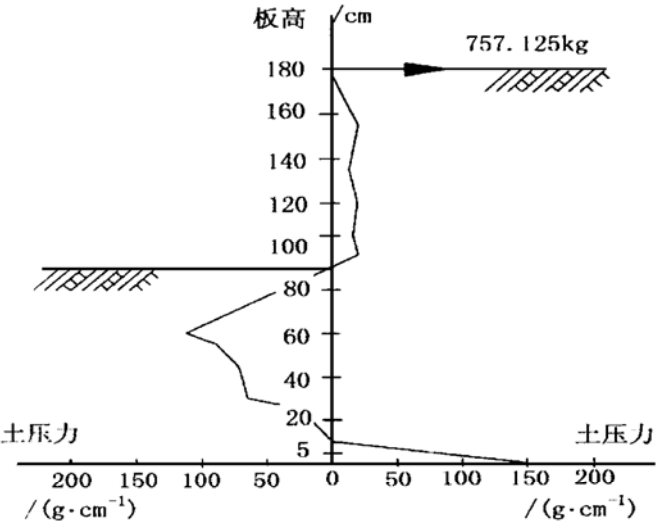


图 6 挖深 90cm 处土抗力分布图

Fig. 6 Earth- reaction distribution at the dug depth of 90cm

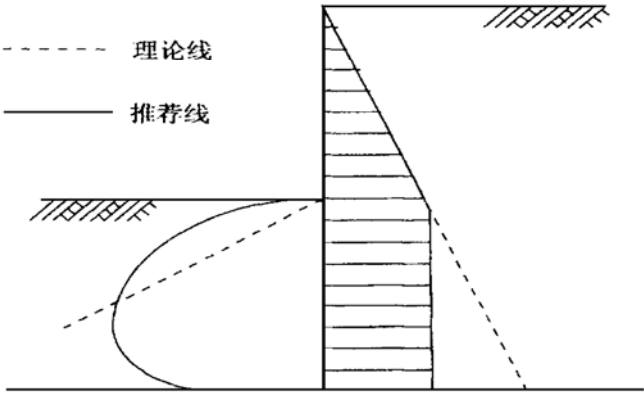


图 7 悬臂板桩土压力推荐图式

Fig. 7 Recommended schema for the calculation of the earth pressure on a cantilever sheet pile

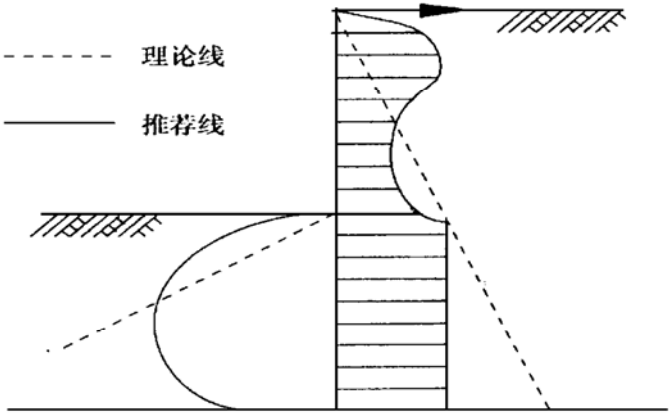


图 8 单锚板桩土压力推荐图式

Fig. 8 Recommended schema for the calculation of the earth pressure on a singly braced sheet pile

4 结 论

(1) 本次模型试验是一个室内的大型柔性板桩模拟实际工况的完整的试验,目前国内尚无此规模的试验资料。

(2) 由试验实测数据可见,基坑支护中悬臂板桩的土压力值与朗肯理论土压力值明显不同。实测总主动土压力值为朗肯理论值的 75% 左右;实测总被动土压力值为朗肯理论值的 60% 左右。

(3) 本文对悬臂板桩土压力计算推荐图式为图 7。

(4) 基坑支护中单锚板桩的土压力值与朗肯理论值亦明显不同。实测总主动土压力值为朗肯理论值的 70% 左右,实测总被动土压力值为朗肯理论值的 35% 左右。

(5) 本文对单锚板桩土压力计算推荐图式为图 8。

参 考 文 献

1. 何颐华、余志成等编. 深基础基坑开挖护坡桩的设计与施工配套技术的研究. 北京: 中国建筑研究院地基所, 1991. 58 ~ 68
2. 王浩芬, 李久旺. 有锚柔性墙的内力与变形分析. 岩土工程学报. 1987, 9(6): 57~ 72