

· 研究简报 ·

# 有抛石棱体时土压力计算的探讨

傅志先  
(港工系)

## The inquiry on Calculation Of Soil Pressure with Packed Stone

Fu Zhixian  
(Port Engineering Department)

**关键词** 抛石棱体, 土压力, 破裂角

在重力式码头中, 特别是方块码头, 为了减小作用在墙背上的土压力, 常设抛石棱体, 至使土压力的计算比较复杂。现在的教材及规范中, 采用假定滑动面的简化计算。本文对不同码头高度、水位及棱体顶宽、依据墙后滑动土体平衡理论, 进行计算, 并提出有抛石棱体时, 破裂角的选取问题。

## 1 现有的计算方法

### 1.1 假定滑动面的近似计算

假定滑动面的近似计算认为, 破裂面与墙背的夹角, 即破裂角 $\theta$ , 不是抛石棱体的, 也不是填土的, 而是介于两者之间, 近似地采用加权平均值:

$$\theta = \frac{\theta_1 \cdot l_1 + \theta_2 \cdot l_2}{H}$$

式中:  $\theta_1, \theta_2$ ——分别为填上和抛石材料的主动破裂角

$H$ ——码头全高

然后, 依 $\theta$ 做主动破裂面, 与棱体坡面的交点 $M$ 为出坡点。 $M$ 点以上的土压力按填土指标计算,  $M$ 点以下土压力按抛石材料指标计算, 见图1。

### 1.2 问题的提出

上述方法的关键, 是求出墙后有两种回填材料时的破裂角, 但从近似的加权平均公式中,  $l_1, l_2$ 是依据破裂面的出坡点划分的, 当 $\theta$ 是未知时, 不能画出破裂面和确定 $l_1, l_2$ , 也难以求出 $\theta$ 角值。

计算时, 一般采用 $25^\circ \sim 28^\circ$ 。 $\theta$ 角的大小, 直接影响土压力的大小。在选取 $\theta$ 角时, 如何考虑码头高度、水位及棱体顶宽对 $\theta$ 角的影响, 是值得探讨的。

本文于1990年4月13日收到。

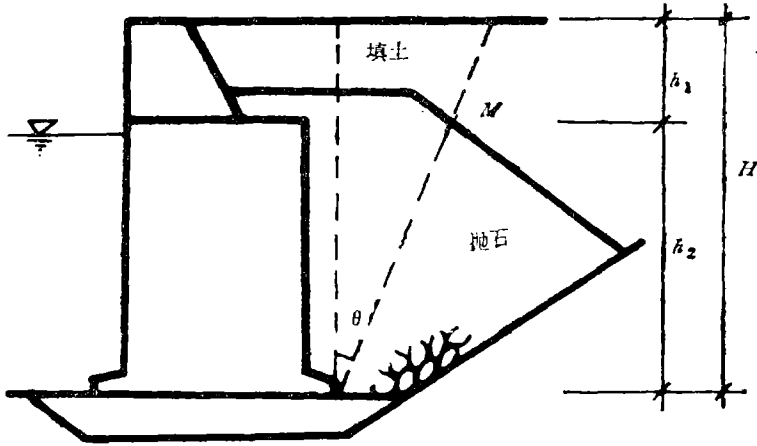


图1 有抛石棱体时土压力计算

## 2 确定最危险破裂角

### 2.1 理论根据

根据库仑土压力理论，当墙后土体处于极限平衡状态时，将产生主动土压力，相应的破裂角为最危险破裂角。对于码头后设抛石棱体这种复杂断面，也应找出产生最大土压力时相应的破裂角，也是最危险破裂角。为此，在 $20^{\circ}\sim 30^{\circ}$ 范围内，假定一系列的破裂角，分别计算主动土压力，并选用最大土压力值对应的破裂角，为设抛石棱体情况下的平均破裂角。

### 2.2 计算方法

据滑动土体极限平衡理论，计算主动土压力方法如下，见图2。

码头后方的滑动土体，在力 $E_a$ 、 $Q_1$ 、 $R$ 及 $\Delta E_a$ 作用下，处于极限平衡状态。这是一组平衡

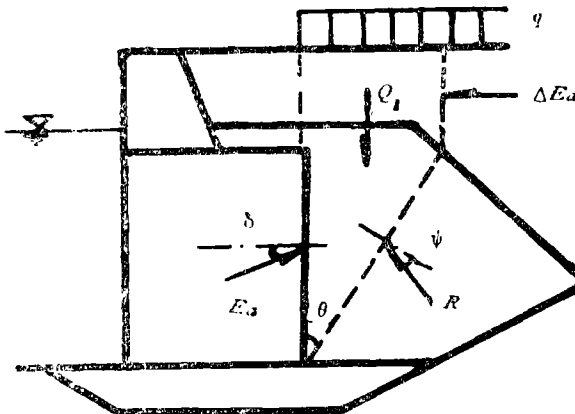


图2 根据土体平衡计算土压力

力系，可以做闭合的多边形，各力之间夹角由力的作用方向所决定，并依几何关系，求出主动土压力 $E_a$ 。

计算数据：码头面使用荷载 $20\text{KN/m}^2$ ，块石容重，水上为 $18\text{KN/m}^3$ ，水下为 $11\text{KN/m}^3$ ；内摩擦角 $\varphi_s = 45^\circ$ ；回填土容重，水上为 $18\text{KN/m}^3$ ，水下为 $10\text{KN/m}^3$ ，内摩擦角 $\varphi_1 = 35^\circ$ ；墙上摩擦角 $\delta = 15^\circ$ 。并按不同码头高度、不同水位，不同棱体顶宽分三组计算情况。

### 2.3 结 果

第一组：抛石棱体顶高程为 $-2\text{m}$ （以码头面高程为 $\pm 0.00$ ），设计水位为 $-2\text{m}$ ，棱体顶宽 $2\text{m}$ ，码头高度为 $8, 12, 16\text{m}$ ，分别按破裂角 $20^\circ, 22^\circ, 24^\circ, 25^\circ, 26^\circ, 28^\circ$ ，计算主动土压力，结果见表1。

表 1 不同墙高的土压力(t)

破裂角 墙高	$20^\circ$	$22^\circ$	$24^\circ$	$25^\circ$	$26^\circ$	$28^\circ$
$8\text{m}$	9.33	9.53	9.70	9.72	9.71	9.63
$12\text{m}$	18.17	18.62	18.92	18.93	18.92	18.72
$16\text{m}$	29.76	30.51	30.92	30.98	30.89	30.65

第二组：棱体顶高程及水位不变，墙高 $12\text{m}$ ，棱体顶宽分别取 $1, 2, 3, 4\text{m}$ 计算主动土压力，结果见表2。

表 2 不同棱体顶宽的土压力(t)

破裂角 顶宽	$20^\circ$	$22^\circ$	$24^\circ$	$25^\circ$	$26^\circ$	$28^\circ$
$1\text{m}$	18.43	18.95	19.15	19.20	19.21	19.07
$2\text{m}$	18.17	18.62	18.92	18.933	18.915	18.72
$3\text{m}$		18.61	18.86	18.90	18.82	18.61
$4\text{m}$		18.03	18.37	18.30	18.17	17.92

第三组：墙高 $12\text{m}$ ，棱体顶宽 $2\text{m}$ ，其它不变，而水位为 $-2, -3, -4\text{m}$ 时，计算主动土压力，结果见表3。

表 3 不同水位的土压力(t)

破裂角 水位	$20^\circ$	$22^\circ$	$24^\circ$	$25^\circ$	$26^\circ$	$28^\circ$
$-2\text{m}$	18.17	18.62	18.92	18.933	18.915	18.72
$-3\text{m}$	20.70	21.22	21.56	21.70	21.65	21.41
$-4\text{m}$	21.62	22.19	22.52	22.63	22.59	21.96

### 3 结论与建议

重力式码头后方设抛石棱体,计算主动土压力时,如按两种材料平均破裂角考虑,则认为这个破裂角 $\theta$ ,不随码头高度及水位的改变而改变;当其它条件不变时,破裂角 $\theta$ 随着棱体顶宽的改变而改变,棱体顶宽越宽,破裂角值相应减小,见图3。

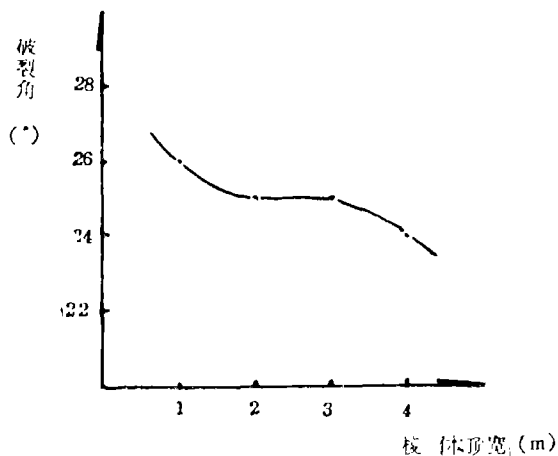


图3 破裂角随棱体顶宽变化

从第二组计算结果中看出,棱体顶宽为1m时,破裂角为 $26^\circ$ ,接近于填土材料的破裂角 $27.5^\circ$ ;当顶宽为4m时,破裂角为 $24^\circ$ ,接近于块石的破裂角 $22.5^\circ$ 。这说明,抛石棱体顶宽越大,减压效果越好,其平均破裂角值更接近块石破裂角。但棱体顶宽过大,是不经济的。

在规范中,对抛石棱体的断面尺寸,要求通过技术经济比较确定,工作量大。本文建议,一般情况下,棱体顶宽采用2~3m为宜。计算土压力时,可以采用平均破裂角为 $25^\circ$ 。当棱体顶宽增大或减少1m时,其平均破裂角也相应减少或增加1度。这对于有抛石棱体情况下土压力计算,简单明确,又偏于安全。

### 参 考 文 献

- 1 陈万佳,港口水上建筑物,北京:人民交通出版社,1989
- 2 天津大学等四校,港口工程,北京:人民交通出版社,1984
- 3 天津大学,土力学与地基,北京:人民交通出版社,1980