

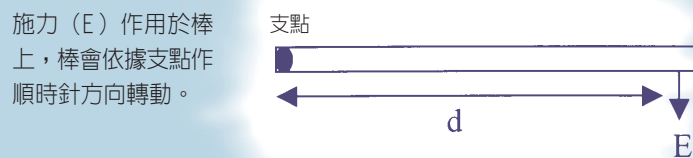
先鋒工程的力學原理 (二)

今期將繼續與各童軍兄弟姊妹展示力學原理怎樣應用到製作裏去。

6. 力矩原理 Principle of Moment

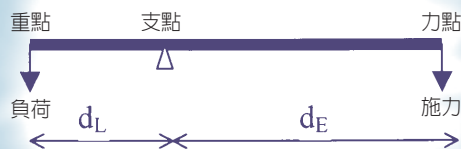
在先鋒工程製作裏，我們經常會用繩纜的一端去扯拉竹和棍，而另一端接到地面的繫固物(如營釘)。這時，繩纜的拉力會做出一個不單純的力，而是力矩(力的轉動效果)。力矩的計算方法為：

$$\text{力矩} = \text{力}(E) \times \text{力與支點的垂直距離}(d)$$



7. 槓桿原理 Principle of Lever

在許多先鋒工程製作中，都應用到力矩原理。利用力矩原理，我們不單可以用較少的施力去得到較大的負荷量，還可以令製作保持穩定和平衡。槓桿原理主要是分為力點、支點和重點。力點是施力的地方，支點是一件承托槓桿的地方，而重點是負荷物件的地方。我們將施力(E)施加於力點上，使其產生的作用力去提起在重點的負荷(L)。假設力點與支點的距離稱為 d_E ，重點與支點的距離稱為 d_L ，當 d_E 與 d_L 的比值越大時，所得到的效益就越大，可用較少的力。

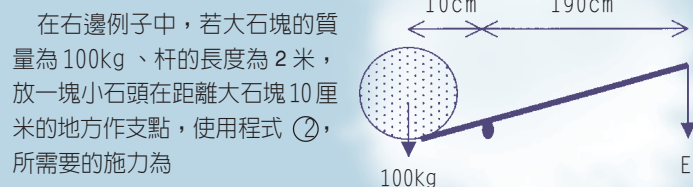


槓桿原理的計算方法為：

$$\text{施力}(E) \times d_E = \text{負荷}(L) \times d_L \quad \text{① 或}$$

$$\text{施力} = \text{負荷} \times \frac{d_L}{d_E} \quad \text{② 或}$$

$$\text{負荷} = \text{施力} \times \frac{d_E}{d_L} \quad \text{③}$$



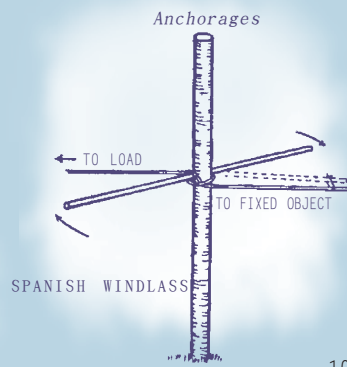
$$\text{施力} = 100\text{kg} \times \frac{10}{190} \approx 5\text{kg}$$

節省了 20 倍的力

當然，我們不會將 d_L 縮短到非常小的距離，因為槓桿可能會因不能承受負荷而折斷。

以下是一些在先鋒工程製作中運用槓桿原理的例子：

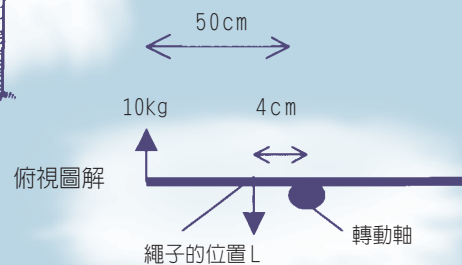
A. 西班牙絞結



若半截棒的長度為 50 厘米、繩子與轉動軸的距離為 4 厘米、用 10kg 的力施加在棒末端，L 點的繩子可受到的力為：(用程式 ③)

$$\text{負荷 } L = 10\text{kg} \times \frac{50}{4} = 125\text{kg}$$

將力放大了 12.5 倍

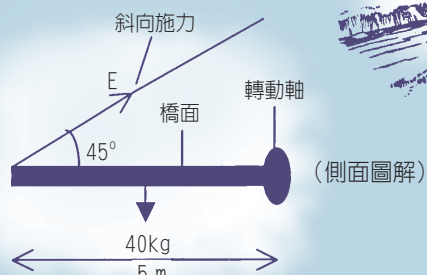


B. 吊橋

若橋的長度為 5 米，集中在中間點的質量為 40kg，其斜向的施力應為：(用程式 ①)

$$E \sin 45^\circ \times 5 = 40 \times 2.5$$

$$\text{施力 } E = 28\text{kg}$$

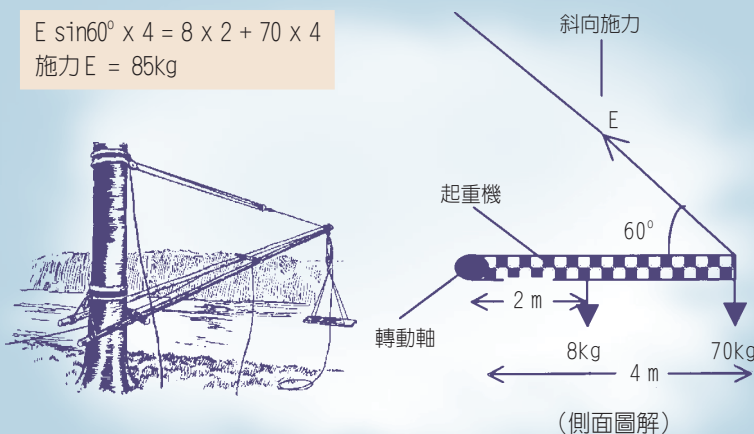


C. 起重機

若起重機的長度為 4 米，集中在中間點的質量為 8kg，有一位乘客重 70kg 坐在起重機的末端，其斜向的施力應為：(用程式 ①)

$$E \sin 60^\circ \times 4 = 8 \times 2 + 70 \times 4$$

$$\text{施力 } E = 85\text{kg}$$



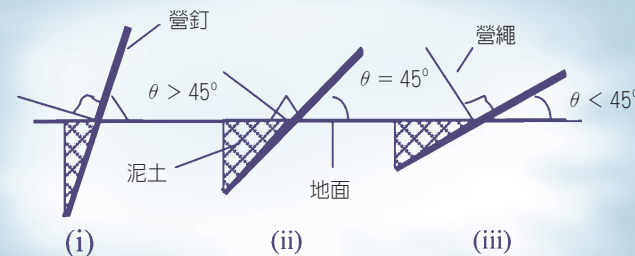
8. 落點位置與角度

在一些先鋒工程的製作中，我們常會考慮到繩索的落點位置。例如將旗杆豎起的時候，應該將結繩的位置繫於旗杆的底部、中間還是頂部呢？這是沒有一定答案的。但無論營釘與地面所成的角度是多少，營繩跟營釘的角度必須是 90° ，才能得到最大的效益。至於營釘跟地面插入的角度是多少，可參考下面兩個例子。

A. 營釘

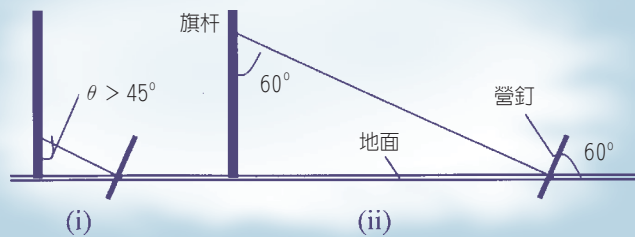
i. 營釘插在泥土裏的有效面積

參看下面圖，假設插在泥土內營釘的長度是一樣的時候，只有圖(ii) 45° 的插入方式才能做到最大的有效面積，從而由泥土得到最大的抵抗力，這樣營釘便不會因過大的拉力而被拔起。

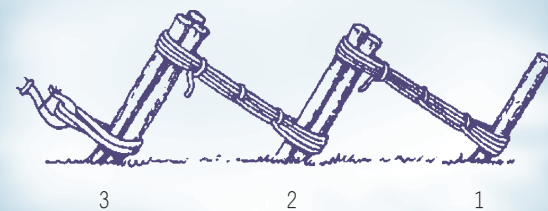


ii. 拉力與角度

在豎立旗杆時，我們會將繩索結繫於旗杆的中間位置(即重心位置)，然後將繩索的另一端拉到地面做成 45° 固定在營釘上。在理論上，繩索跟旗杆所成的角度越大，有效拉力就越大(舉例： 60°)。但這樣做便會將繩結位置下降至重心以下(i)，減低其效用。如果將繩結的位置打在較高的位置又會導致繩索過長(ii)，引起不便。因此，我們應選用 45° 為最適合角度。

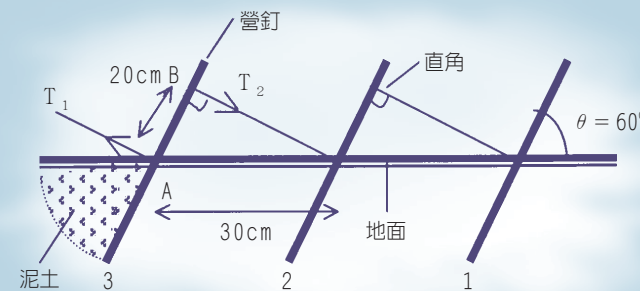


B. 3-2-1 樁



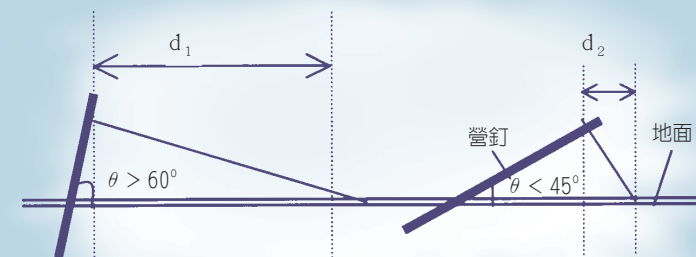
i. 營釘插在泥土裏的有效面積

跟營釘例子有所不同，在3-2-1樁裏，由於施加在‘3’營釘A和B兩點位置的拉力是相反方向的，因而做成了一個稱為力偶(couple)的順時針方向轉動力。在下面圖中，假設插在泥土內三組營釘的長度是一樣的時候，營釘與地面所成的角度越大，其有效面積就越大，而得到的抵抗力也越大。這樣便可減少營釘因拉力過大而被拔起的情況。



ii. 角度與距離

除此以外，為使三組營釘露出地面的部分較少，營釘與營釘的距離不會過長，因而做成臃腫的營釘串，我們便採用 60° 作為營釘與地面的傾斜角度較最合適。



iii. 此外，我們亦不會採用 45° 的插入角將營釘打入地下去，因為：

- (1) 如果營釘的插入角度太大，營釘會容易屈曲；
- (2) 如果營釘的插入角度太小，營釘難以插入或太貼近地面

iv. 如果於釘與釘的距離太短，泥土的負荷能力會減低；如果距離太長，又會引致繫於營釘之間的繩索拉力減低。

C. 雙腳瞭望台

在圖中的雙腳瞭望台，其繩索跟地面所成的角度應為 45° ，還是 60° ？

由於繩索是繫於瞭望台較高位置，與其拉力的作用只是用作平衡；因此，為免拉繩繫在地面跟瞭望台的距離過遠，容易絆倒其他使用者，故選用 60° 較為適合的。另一方面，繫於瞭望台中的縱向(向下)拉力在此 60° 下亦會較大，從而令瞭望台的腳更用力地壓着地面，使台更穩定。

