

EARTHBAGS!

這是一本利用
「彈性形式夯土」的方法
自力建屋的手冊
!!!

READ & PASS & READ & PASS & READ & PASS & READ & PASS & READ & PASS & READ

請先讀這裡（然後傳給其他人...）
這本小手冊可以被免費地下載和分享。
請在真的有需要時才印成紙本，並將紙本
轉送給其他人，閱讀它，轉送它。

READ & PASS & READ & PASS & READ & PASS & READ & PASS & READ & PASS

- Earthbags! - a primer in self help construction using flexible form rammed earth
- by Sourabh Phadke
- Published by - Aman Setu
- First Edition - October 2008
- Online Version - FREE (www.mkf.in)
- Offline / Print version - 20/-

Earthbags!

利用「彈性形式夯土」方法
自力建屋的入門書

An Aman Setu Publication

.....

這本小手冊並沒有一個作者，但卻是一個媒介。它凝聚了全球各地許多人的想法和行動，同時也是一個自由分享知識計劃第一部分，這個計畫能夠藉由每一次的傳播、分享而增長。

這是一本關於利用「彈性形式夯土」的方法自己蓋房子的入門書，它提供了基本的知識，使得人們足以利用這些知識來實做、試驗以及發展這項緣自於傳統夯土的技術。

這份資料並非為了提供一個能夠解決世界上住屋問題的「奇蹟方法」，而是真誠地提出另一個思考方向，一個還需要更多研究和實驗的方法，來替代現今昂貴而耗費資源的建築方式。

It is with the notion that only true independence in construction can provide the solution to primary, affordable and safe shelter for all that the following pages are being written.

- a medium

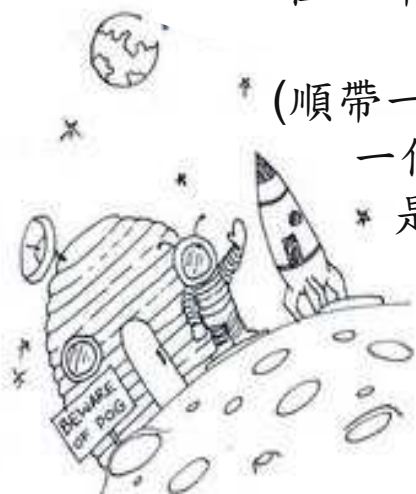
誰是主角？泥土還是袋子

利用泥土和袋子來蓋房子聽起來像是科幻小說裡的想法，然而這個概念已經存在好一段時間了。

土袋(earthbag)經常被用來建造水堤以及其他類似的貯水構造。自從第一次世界大戰以來，這個方法也被用來建造軍事掩體、臨時根據地甚至檢查哨。

到底這些元素：泥土、袋子和鐵刺網是怎麼樣從戰爭用途轉變成提供人們庇護之所這麼平和而純淨的事情呢？這本身就是一個有趣的故事。

把裝滿塵土的袋子堆疊起來建造永久性居所的想法，是由建築師Nader Khalili在80年代首次提出來的。



(順帶一提，原本土袋建築並非作為一個廉價而永續的建築方式，而是為了在月球上居住而設計的！)

在一場NASA舉辦的探討移民月球方法的研討會中，Khalili提出了可以將月球表面的塵土裝進袋子裡來建築各種結構。)

他創立了CalEarth學院並且在那裡訓練人們建立了一套方法，利用長管狀的聚丙烯(PP, Polypropylene) 袋子填土形成一圈並層層相疊，再利用鐵刺網線(barbed wire)置於層與層之間來穩定結構。含有水分的泥磚土(adobe soil) 被裝填在長管狀的袋子裡並且夯實，乾燥之後就會變成很大且長的泥磚，稱之為超級泥磚(Super Adobe)。

土袋一直被用來建造各種建築結構，有一些人進一步改良了這個方法。Kelly Hart以及Owen Geiger博士多年來研究、試驗這個方法，並且製作了大量的文件紀錄，他們的研究、實驗和相關的資訊可以在網路上自由取得，對於所有有志於永續建築的人們而言是無價的資產。其他研究土袋建築的人包括Akio Inoue, Kaki Hunter, Doni Kiffmeyer, Joe Kennedy以及Paulina Wojciekowska。



土 袋

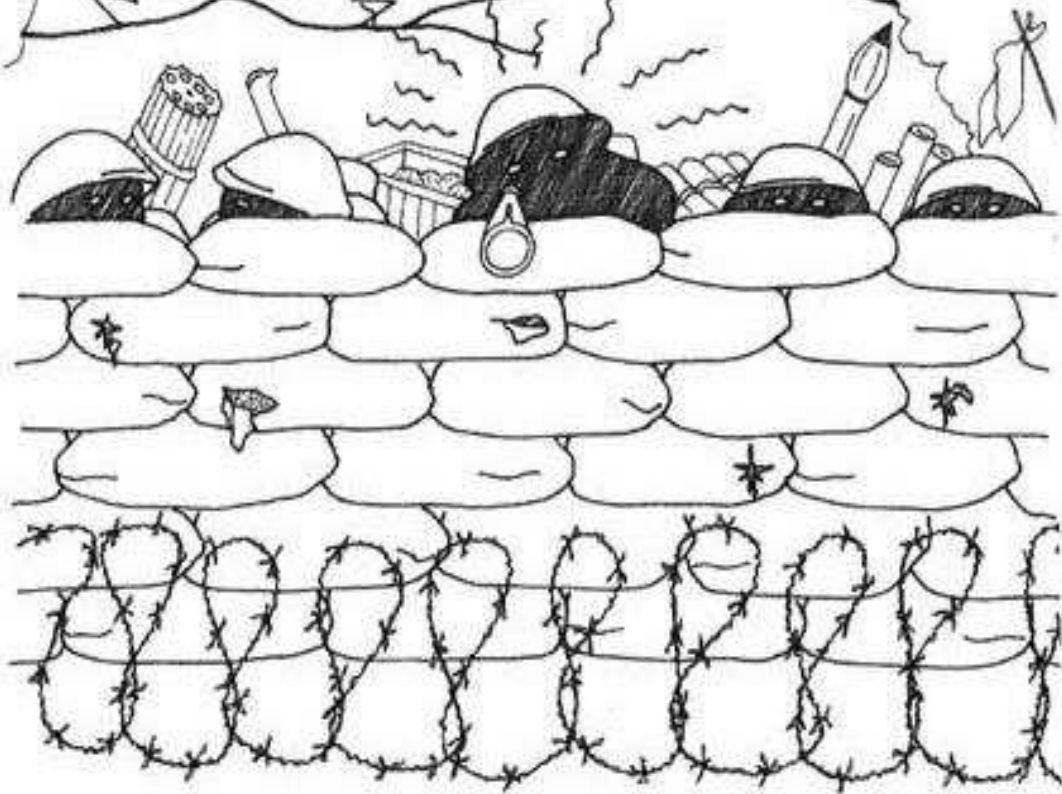
EARTHBAGS?

到底是什麼

%*#@#\$

碗糕

??



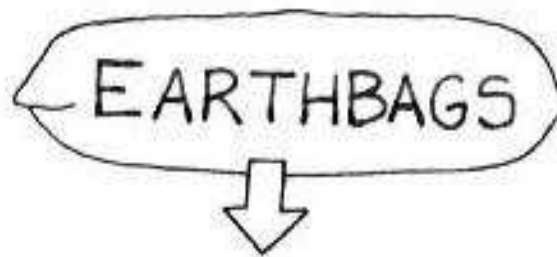
Q) 什麼是土袋建築方法？

{ 2分 }

Ans. 土袋建築是一種

「彈性形式夯土」(flexible-form-rammed-earth)的方法，將適當比例混合的泥土裝進麻布或是聚丙烯袋子中，封口並且像砌磚那樣層層交錯堆疊起來，再利用鐵刺網線放置在層與層之間作為黏合的「沙漿」，然後加以夯實使之互相結合。

EARTHBAGS



flexible form
rammed earth

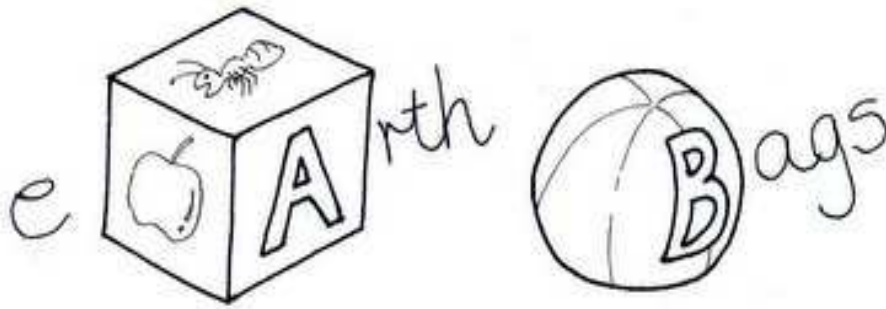
自力造屋、永續性以及土袋建築

- 一個永續性的方法應該具有高度的可調適性以便能順應環境。土袋建築有非常高的多樣性，你可以修改這個建築方法的每個層面，包括「土」和「袋」。
- 土袋建築結合了廢棄再利用的資材(袋子)以及就地取得的資材(土)，因此能將碳足跡大幅降低，資源的運送也變得很少。
- 將高耗能資材(如水泥、鋼鐵等)使用量大幅降低。因此適度的使用這類資材是可以的。
- 土袋建築使用日常生活中的材料和工具(土、袋子、針、線繩、鐵刺網等等)，每個人都可取得，也容易購買。
- 在社會意義上也是永續性的，因為土袋建築只需要半專業以及非專業的勞力，不要求特殊的建築知識。只要有一般的常識即敷所需。

- 土袋房子可以由一小群人來興建，即使只有兩個人也可以建立他們自己的家！
- 不需要建築師或是土木技師！〔註1〕
- 在過程中能讓個人的創意盡情發揮，每一部分都能依照需要修改！
- 珍貴的表土可以被保存下來（表土是世界各地的建築工地中最不被珍惜對待的資源）。
- 與其他使用土的建築方法例如泥磚 (adobe)、竹編泥灰牆(wattle and doug, 將灰泥塗在竹或籐編牆體上)相比，建造的速度較快。

註1：必須依據各地的法律規定來從事。

土袋建築 基礎知識



即使在土袋建築中，也有兩種不同的形式。它們取決於填充於袋中的材料，以及從長遠來看，袋子所扮演的角色。

因此袋子可以是：

Ⓐ 結構性的

Ⓑ 非結構性的 / 作為板模之用的

Ⓐ 結構性的袋子：

袋子的填充材料可以是乾燥的或是鬆散的，例如砂或是碎石子，然後加以夯實。這些材料完全依賴袋子將它們維持在一起。

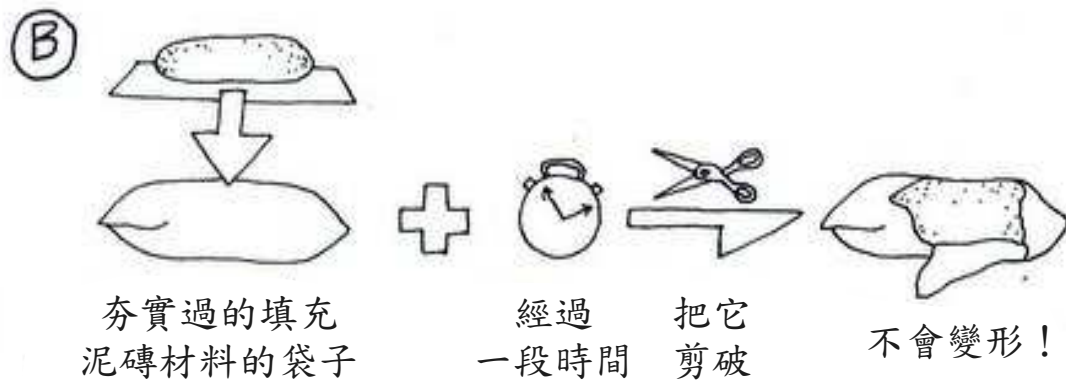
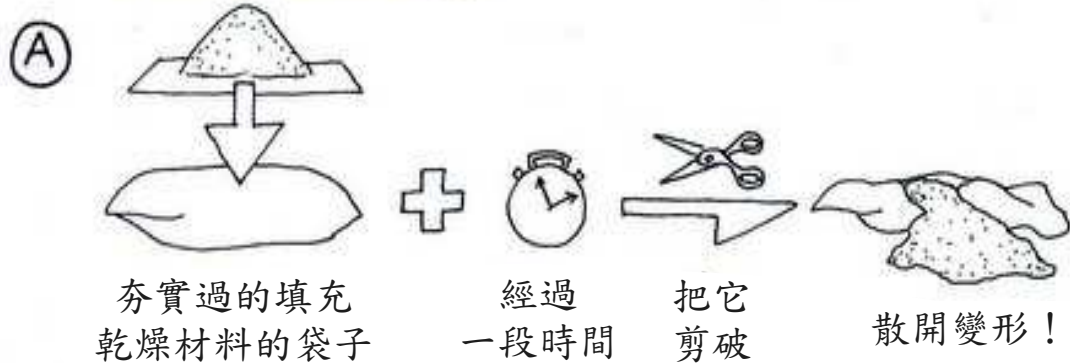
袋子可以讓填充材料維持一定的形狀，除非被刺破或是裂開，若是如此，則填充材料會灑出，袋子也會變形。

在這種情況下，袋子的填充材料變得非常關鍵，因此建議用聚丙烯的袋子，因為它具有良好的強韌度和耐久性。

② 非結構性的 / 作為板模的袋子

袋子填充了含水的泥磚土並且加以夯實。一旦泥土乾燥並且硬化，袋子就變得多餘了，袋子裡的土塊可以維持一定的形狀，即使袋子裂開也不會變形。

在這種情況下，袋子就像是在填充材料乾燥並硬化之前暫時的板模。



土 袋

如果一個土袋建築使用的是「結構性」的袋子，那麼只要是在夯實乾燥之後能夠維持形狀不變的材料即可使用，像是砂或是碎石子便是這樣的材料。

但是如果使用的是「非結構性」或是作為「板模」的袋子，那麼填充的材料就要很小心地加以選擇。組成填充材料的各個成分的比例是極為重要的。在決定最終的組成成分之前進行測試並且嘗試幾種不同的比例和組合是很必要的。

表土或是富含有機質的壤土絕對不可以用來建造房子，適合用來耕種植物的土壤也不可以拿來建造房子。一般來說，在土袋建築中混合了水分的填充材料是由30%的黏土和70%的砂組合而成。

如果黏土的比例增加，那麼超級泥磚在乾燥地過程中會產生裂縫，反過來說，如果砂的比例增加，那麼超級泥磚會無法保持形狀而變形。

因此，有必要對建築基地的土壤作測試，並依據結果調整成分來得到想要的比例。不需要將土壤送到實驗室作測試(如果剛好有機構可以提供這些測試或者是要進行較大規模的建築計畫，那麼很值得一試。)在現場進行簡易的測試即可了解當地土壤的性質。

固定劑(stabilizer)，例如水泥或是石灰可以加入混合材料中來幫助各個成分更穩固的黏結在一起。一般而言，可以加入5%的水泥作為混合的材料固定劑。

在混合材料中所加入的水的份量，對於土袋能否被確實夯實有很關鍵的影響，加入的水要足夠以便能使混合材料適度的潮濕。抓起一把潮濕的混合材料並用手擠壓，它應該要能保持一定的形狀不散開，並且不會沾濕你的手掌。

在整個建築的過程中，要持續檢視土的混合比例，以及所加入的水的份量。



土袋

用來建造房子的袋子應該要依據填充的材料、建築物的特性和袋子本身是否容易取得來考量。可以使用麻布/黃麻袋子，但是聚丙烯(PP)袋子會更加強韌和耐久。不過要注意的是如果將聚丙烯袋子曝露在日曬下，會因為紫外線的照射而造成損壞，袋子會變得易碎而很容易被撕裂。因此在施工的過程中，必須要讓這些聚丙烯袋子一直有遮蔭，避免陽光照射。一旦完工，就要把牆面抹上灰泥(plaster)加以保護。

袋子的大小要能夠讓人容易使用。裝水泥的袋子容量是50公斤，當建築超過一定高度之後會因為太笨重而增加施工的困難。所以當牆愈築愈高，就要使用容量較小的袋子〔註2〕。水泥袋子通常在混凝土建築物施工完成後就被丟棄或是燒掉，

註2：可以利用罐子、小水桶等每次傳遞少量的土，讓築牆的人就地將土裝入袋子中，然後安置在牆上。不一定要搬運已經填充好而非常沉重的袋子。

應該可以用低廉的價格在一般的建築工地中買到很多空的水泥袋子，甚至是免費的。大部分的水泥袋可能有破洞，如果破洞很小是沒有關係的。破洞大一點的袋子則可以用來當作「半個土袋」，若不行的話就要丟棄。

另外也可以用裝肥料或是穀物的袋子，它們大多為25公斤的容量。袋子的尺寸不宜太小，否則可能會使得築起來的牆不穩定。

你也可以用聚丙烯長管(即尚未裁切成袋子，呈長管狀的聚丙烯編織布)來形成圈狀，一層一層堆疊起來即可建成牆。這種方式消除了以砌磚方式疊牆時袋與袋之間的垂直接合面，從而增強了穩定性。〔註3〕

註3：一整圈土袋可以視為一塊超大而且為環形的泥磚，因此Khalili稱它為「超級泥磚」(Super Adobe)。

建造土袋屋的步驟簡述

① 將建築基地清理乾淨並且整平。

屋子最好是建在排水良好並且通風的地方，不要有廢棄物或是其他可能對施工造成阻礙的東西，並且必須依照需求整平。

需要的東西：十字鎬(pickaxe)、鏟子。

② 畫出屋子的界線

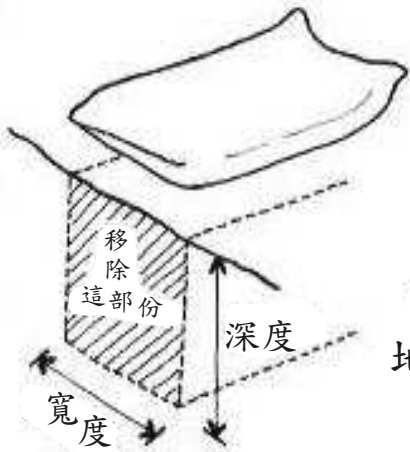
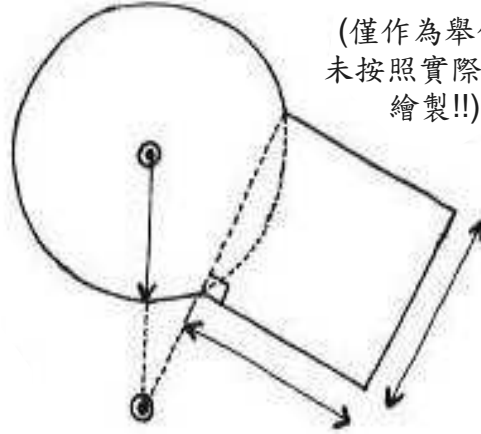
屋子的形狀和範圍需要在基地上標記出來，可以建立一些參考點(利用竹子或是樹枝來標記)和利用簡單的三角測量法來幫忙。可以拉繩子或是用石灰粉來畫線。所有的尺寸都要徹底地交互比對無誤。

需要的東西：捲尺、繩子、石灰粉、樹枝/
竹子、基本的幾何概念。

一旦完成建築設計，便可利用捲尺、繩子和石灰粉在整理好的基地上標記出它的輪廓。

設計圖

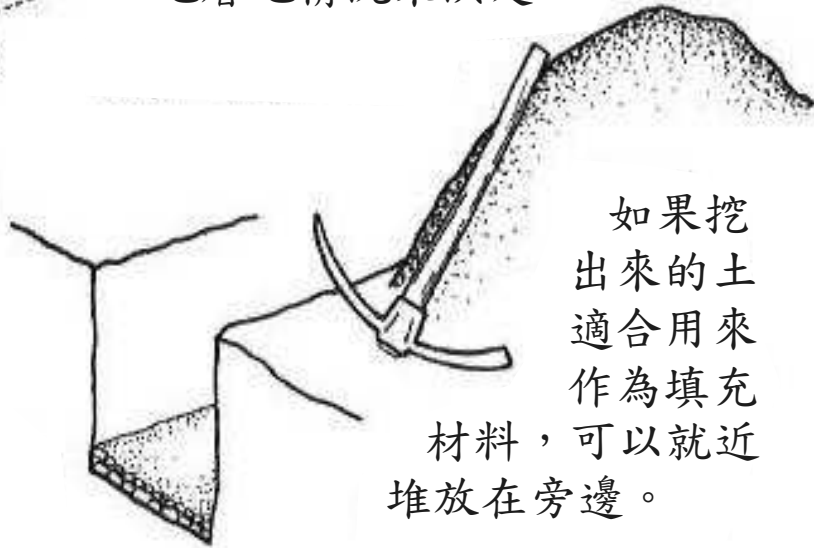
(僅作為舉例，
未按照實際比例
繪製!!)



基礎溝渠的寬度要比土袋的寬度大一點。

溝渠深度則由牆壁所承受的重量以及下方地層地情況來決定。

溝渠的底部可以使用碎石子以及岩石粉來鋪平。



如果挖出來的土適合用來作為填充材料，可以就近堆放在旁邊。

③ 挖掘基礎溝渠(foundation trench)

溝渠的寬度要比所使用的土袋多幾英吋，深度則取決於下方地層的情況以及牆壁所承受的重量。

一般來說，300mm到400mm深的溝渠應該就已足夠。

挖出來的土若要用來作為填充材料，可以就近堆放在旁邊。

表土則要另外小心地存放起來。

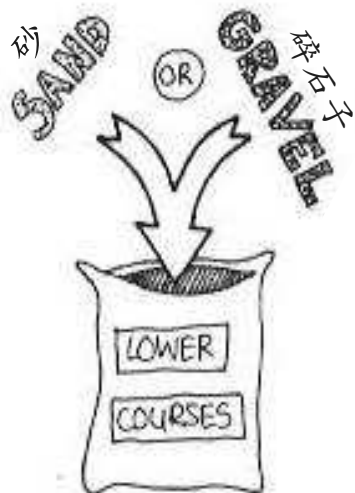
需要的東西：十字鎬、鏟子。

④ 準備基底(base)

開始放置堆疊土袋之前需要一個水平的基底，如果基礎溝渠的表面沒有阻礙物的話，可以直接將溝渠底部夯實整平。碎石子和岩石粉(stone dust, 更細的碎石子)也可以用來鋪平基底，可以在基底的表面灑一些水讓岩石粉穩固下來。如果土袋牆需要承受較大的重量，那麼使用水泥做一個混凝土基底應該就足夠了。

需要的東西：碎石子、岩石粉、水泥、水、夯實木杵、鏟子。

你可以直接在碎石子加上岩石粉所鋪成的基底上開始堆疊土袋。



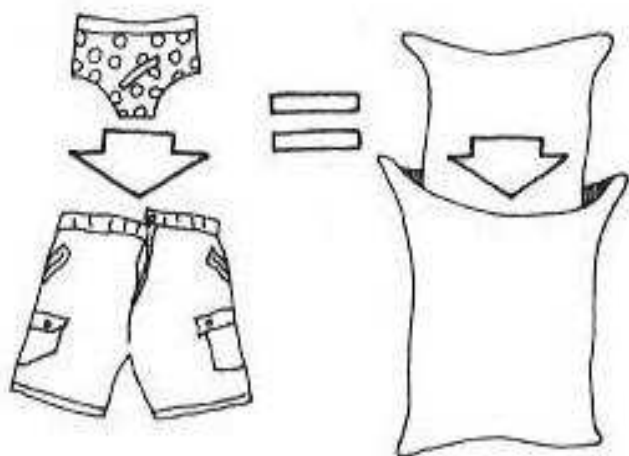
最初的幾層土袋(所有在地表之下的那幾層)要填充砂或是碎石子以防止水分經由毛細現象滲入土袋牆體中。



砂子非常容易排水



碎石子可以阻絕毛細作用



最底下的一層可以用「雙重袋」來提供更多的保護，如此一來袋中的碎石子或是溝渠的表面就不會把袋子刺破，可以避免填充材料洩漏出來。

房子的基礎必須要能阻絕水分以免水分進入牆體或是造成下陷，因此排水的設施是必須預作考量的。



在碎石子中埋設上半部穿了許多孔的排水管

「暗溝」
(French Drain)

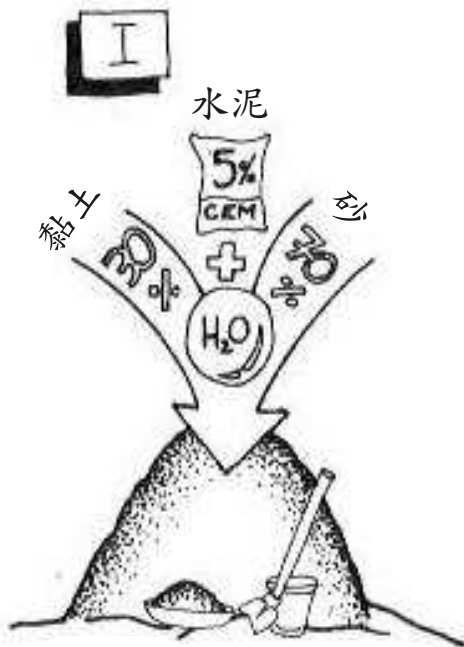
⑤ 開始構築土袋：第一層

如果土袋牆需要承受較大的重量，那麼第一層可以用雙重袋(袋子外面再套一個袋子)。在地面以下的袋子所填充的材料必須用碎石子或是砂，以便能排水或是阻絕毛細作用(水分滲入牆體中)。

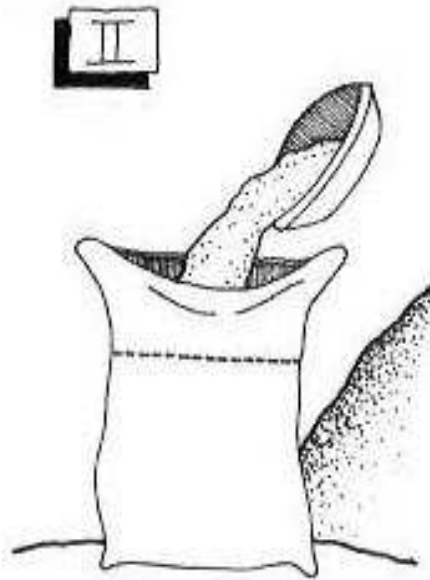
將袋子裝填，封口，然後沿著溝渠置放，並加以夯實使其變得緊實。

接下來將兩條鐵刺網線以彼此相距大約6英吋(約15公分)的方式沿著整層土袋連續的擺放。每隔一包土袋放置鐵絲/打包帶(packaging straps)使其能用來網綁後續疊放上來的土袋。

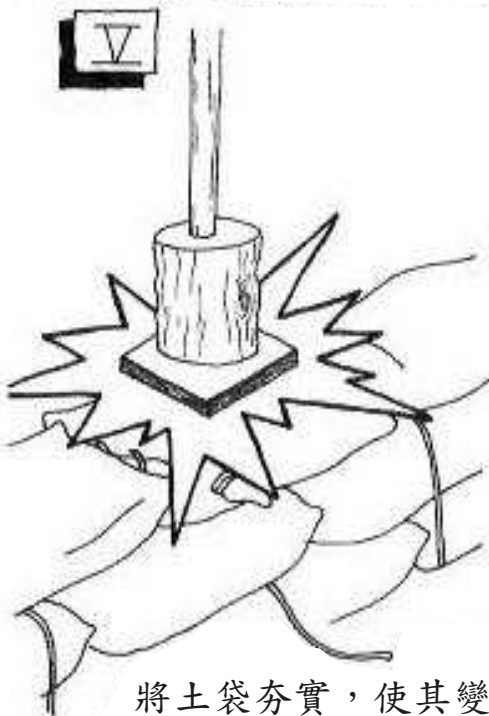
需要的東西：丟棄的水泥袋、線繩、針、鐵刺網線、碎石子/砂、鐵絲/打包帶、夯實木杵。



將水泥(作為固定劑)與砂土混合，並加入水。



把混合材料裝入袋子中，裝到八分滿。



將土袋夯實，使其變得緊實而且平整。



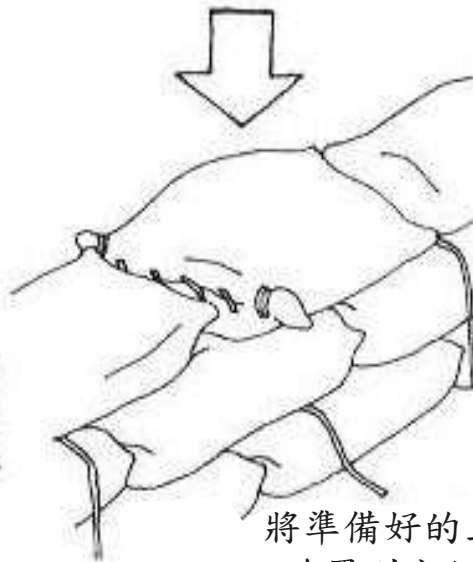
把兩條鐵刺網線放置在一整層土袋上。

III



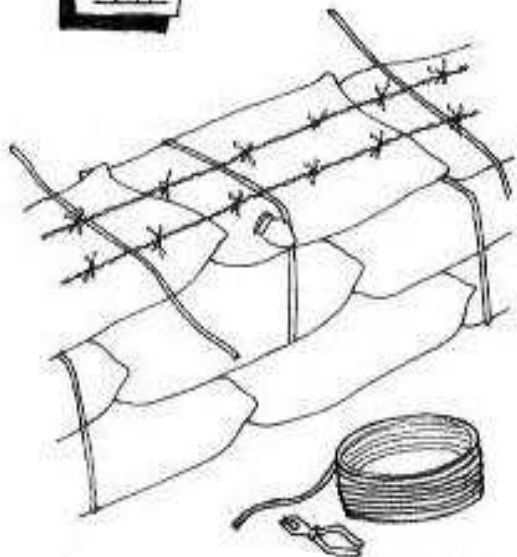
把土袋的上緣
縫合起來。

IV



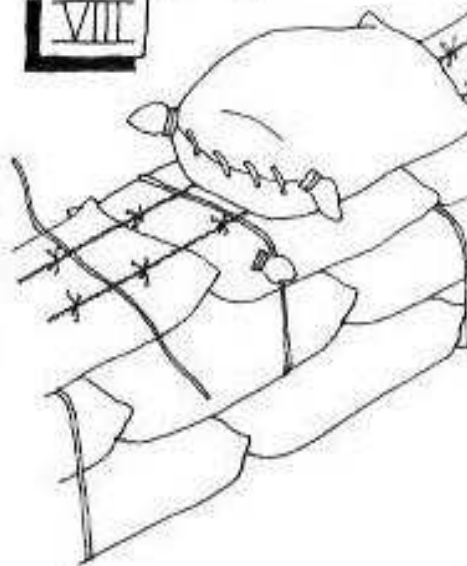
將準備好的土袋
放置到定位。

VII



每隔一個土袋放置一
條鐵絲/打包帶。

VIII



重複同樣的程序把
土袋牆建立起來！

⑥ 繼續構築土袋…

後續的土袋則需要裝入適當的填充材料，裝到袋子容量的80%。

然後利用針和線繩把袋口逢起來，另一種方法是將袋子的開口端往下折起，並且使開口端緊緊靠著前一個土袋，使得袋子在夯實的時後不會發生洩露。

每個土袋都要放置在適當的位置然後夯實，直到袋中的材料完全固化。在夯實一個仍舊鬆散的土袋和一個已經固化的土袋時，會聽得出聲音的差異。相鄰的土袋應該要一起夯實以便能達到平整，而且必須像傳統砌磚方法那樣讓不同層的土袋互相交錯。每築完一層土袋都要沿著整層放置鐵刺網線，此外每隔一個土袋也要放置一條鐵絲/打包帶，每築完兩到三層便將這些鐵絲/帶子綁緊以便能把不同層的土袋固定在一起，而使得整座牆成為一體。

需要的東西：填充材料、丟棄的水泥袋、線繩、針、夯實木杵、鐵刺網線、鐵絲/打包帶。

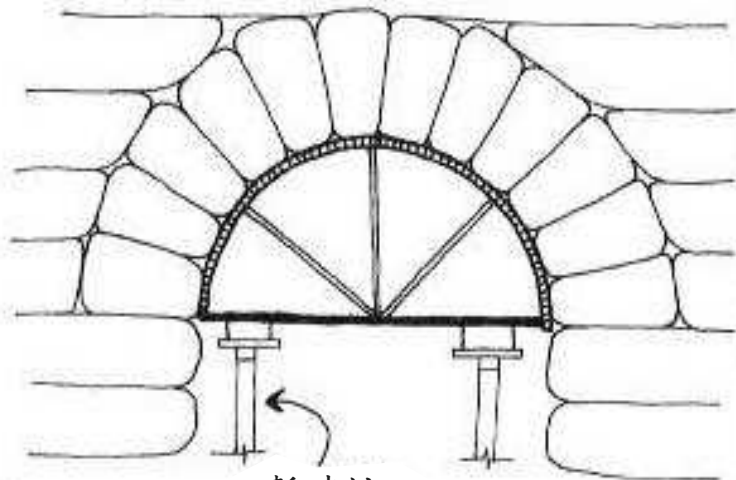
⑦ 門窗開口

門和窗的開口可以用傳統門楣的方式展開，或是用土袋做成拱門。

土袋拱門需要板模來支撐，等到拱門兩側的牆都完成之後就可以移除板模。門框和窗框要以預先安裝的「固定器」來固定在牆面上，此固定器是用一根螺紋鐵桿和一塊安置在土袋層裡的木板所組成。

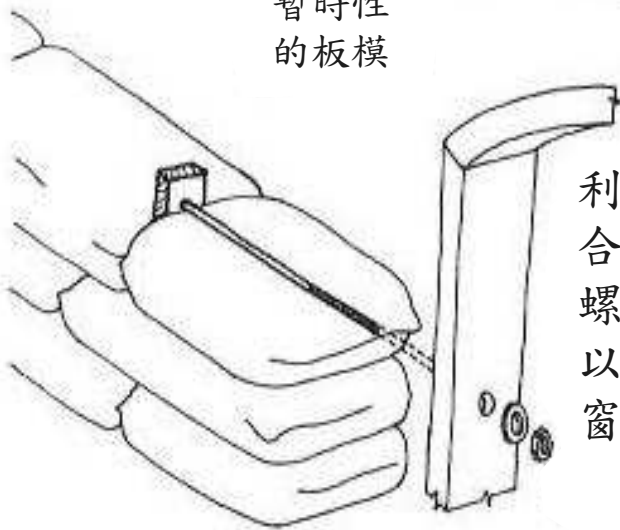
使用螺帽和墊圈鎖進螺紋鐵桿即可將門框或窗框固定住。各種尺寸的水管也可以嵌進牆壁中當作窗戶，或是作為預埋的套管(供其他管線進出之用)。

需要的東西：拱門板模、螺紋鐵桿、木板、螺帽和墊圈、各種尺寸的水管。



暫時性的板模

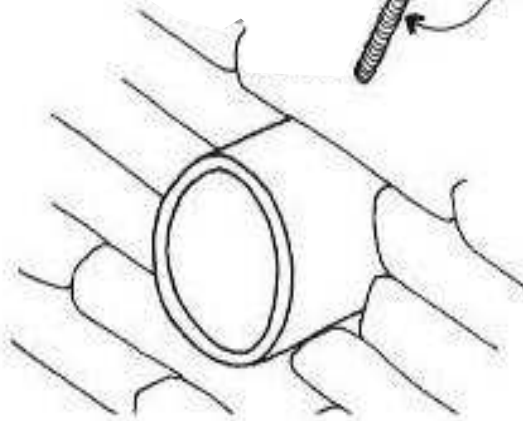
門和窗的開口可以用暫時性的拱形板模和支架來開展。在門或窗兩側的牆壁完成之後即可將它們移除。



利用與木板結合在一起的螺紋鐵桿可以將門框和窗框固定住。

螺紋鐵桿

把不要的水管嵌在牆壁中可以製造各種尺寸的開口。



⑧ 屋頂

土袋可以用來建造可自行支撐的圓形穹頂建築 (corbelled dome)，新疊加的一層土袋半徑會縮小一點，並由下層土袋支撐，利用這樣的方式逐漸建構起圓錐形的屋頂。建築過程中可在屋子的中心豎立竿子作為圓心，再用繩子或是另一根竿子繞著圓心旋轉即可作為內徑的指標 (像圓規那樣)。

以土袋建成的穹頂屋可以免除傳統屋頂所使用的木材，與現代的屋頂建築方法相比，也可以大量減少鋼鐵的使用量，不過在每一層土袋之間還是需要使用鐵刺網線。

土袋也可以用來建築跨距較小(約2公尺)的圓拱屋子(vaults)，不過更大的屋子就必須採用本質上更為穩固的穹頂形式了。

傳統的木構、鐵皮甚至是瓦片屋頂都可以和土袋築成的牆結合在一起。

需要的東西：土袋、鐵刺網線、可繞著圓心旋轉的竿子/繩子(作為內徑指標)。



所有使用傳統
材質的傳統形
式的屋頂都可
以和土袋牆結
合在一起。



截面圖

可以將一層層的土袋漸漸
內縮使其可以自行支撐來
建造穹頂屋，使用可
旋轉的內徑指標
即可做到。



Kelly Hart設計
的” Riceland” 穹頂屋

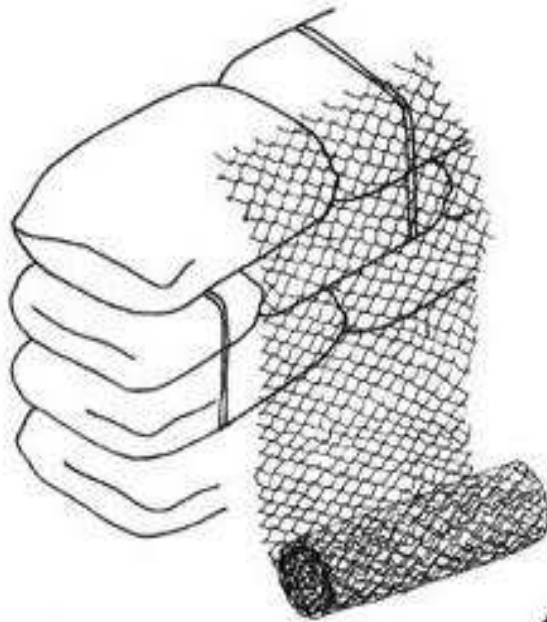
⑨ 替牆壁表面抹上灰泥(plastering)

將鐵絲網 (chicken mesh, 用來搭建雞舍的鐵絲網) 鋪在土袋牆面上，再將鐵絲折成U形用手壓入或是用榔頭敲入土袋中來固定鐵絲網。

鐵絲網提供了一個粗糙的表面使得灰泥可以附著，如此一來，一般常見的水泥砂漿或是其他的牆面材料 (例如石灰、砂、黏土加上稻桿、植物纖維…等等) 便可以很容易地塗抹在土袋牆面上，之後可以再為牆面上漆。

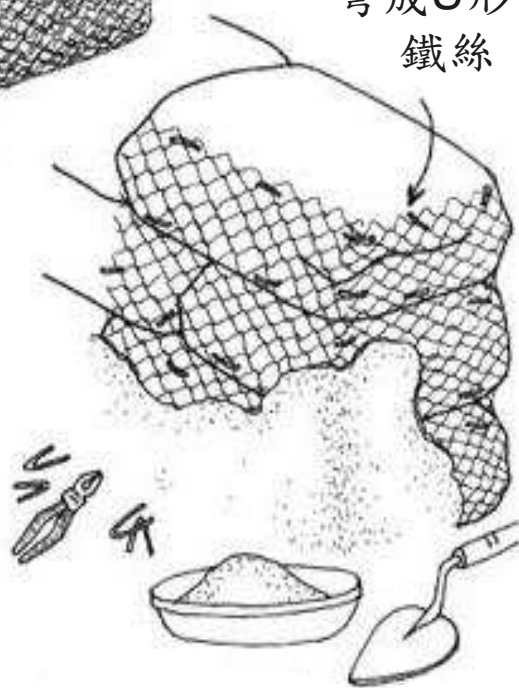
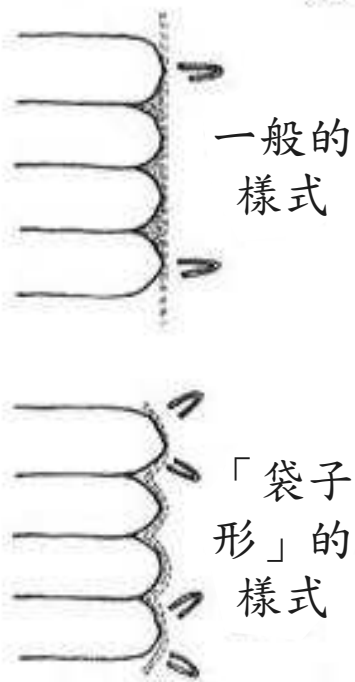
替土袋牆(特別是使用聚丙烯袋子時) 塗上灰泥是延長其使用壽命的最重要步驟。

需要的東西：鐵絲網、鐵絲、鉗子、泥水匠用的抹刀、灰泥。



將鐵絲網鋪在土袋牆的表面，作為一個粗糙面讓灰泥可以附著。

彎成U形的鐵絲



如此一來各種材質的灰泥都可以被塗抹在牆面上！

www.greenhomebuilding.com/earthbag.htm

www.calearth.com

www.okokok.org/earthbag.php

www.earthbagbuilding.com

www.davidsheen.com/earthlodge/

www.grisb.org

www.mkf.in 😊

其他土袋建築網路資源：

Dr. Owen Geiger

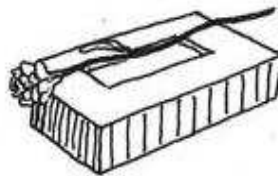
土袋建築發展、學習與推廣：
earthbagbuilding.wordpress.com/

土袋建築設計與工作坊：
earthbagplans.wordpress.com/

示範影片：
www.youtube.com/user/naturalhouses



for bouquets & trickbats...



Sourabh Phadke

email : soar.hub@gmail.com

phone : 98508 22 22 6

(020) 24356446