

少年科學叢書

建築的科學

譯者：陳 石 林



徐氏基金會出版

少年科學叢書

建築的科學

譯者：陳 石 林



建築物



橋樑



城牆



徐氏基金會出版



183875



譯 序

任何一門科學，均以前人知識與經驗的積累為基礎，再在已有基礎上加以發展，而使它日益進步。建築科學的進展也並不例外，今天人們能夠建造高樓大廈，乃是從遠古人類建造矮牆小屋的基礎經過不斷研究發展得來的成果。

「建築的科學」這本小冊子，不但有系統敘述了建築科學的萌芽與進展，還介紹了數位對工程學有重大貢獻工程師的偉大事蹟，讓讀者能從他們的工作事蹟中，進一步認識這門科學能夠有今天的成就，實在是經過前人付出無數血汗所換取的代價。

中國的萬里長城，古希臘諾薩斯城的帝王宮殿，以及埃及的金字塔，都是上古時代的著名巨大建築；紐約的帝國大廈及布魯克林大橋，均是近代著名的建築物。對這些著名建築物的興建經過，書中也有詳細的說明。讀者們在閱讀「建築的科學」這本小冊子時，一定會發現它不只是一本介紹科學知識的參考書，並且是一本記敘世界建築物歷史的趣味讀物。

少年科學叢書
建築的科學

定價 台幣十五元
港幣二元五角

譯者 陳石林
出版者 徐氏基金會出版部
台北郵政信箱3261號
香港郵政信箱1284號

內政部登記證內版台業字第1374號

版權所有・翻印必究

中華民國五十八年十一月十日初版
印刷者 正大印製廠股份有限公司
三重市長生街2號之一

目 錄

中國的萬里長城	5
牆壁的建築	
古代世界上有那些著名的城垣？	7
什麼是靜止角？	8
牆壁的磚塊應該怎樣排成層列？	10
怎樣才能使牆門上面的磚塊不會下墜？	12
怎樣以牆壁伸出磚塊的方式建築牆門？	14
怎樣把牆門建成拱形？	15
古希臘諾薩斯城的宮殿	17
建築物的建造	
誰才是克利特真正的英雄？	20
建築物有那兩大類型的不同建造方法？	21
埃及金字塔是根據什麼原理建成？	23
為什麼要把建築物的頂蓋建成拱形或圓形？	24
什麼是古羅馬建築的交叉拱形屋頂？	26
哥德式拱形及飛扶壁是怎樣建築的？	28
工程師怎樣應用桁架進行建築？	30
怎樣應用鋼鐵架框支承牆壁建築高樓大廈？	31
紐約的布魯克林大橋	34
橋樑的建築	
什麼是活動負荷帶來的難題？	40
橋樑震動時為什麼會發出有節奏的音響？	41
橫架橋是怎樣建築的？	42
怎樣應用拱形架徑建築橋樑？	43
吊橋是怎樣建築的？	46
懸臂橋是怎樣建築的？	46
世界上最早建築的懸臂橋在什麼地方？	47



4WT 313 / 10



萬里長城兩旁均有高出的磚牆，在兩壁磚牆之間所鋪平的道路，闊度大約是12呎。

在經過險峻的山嶺地帶時，由於地勢傾斜，萬里長城的該段道路使用石塊砌成階梯狀，人們可以在石階上安穩地行走。



萬里長城的建築，大約完成於紀元前二百年，在建築過程中，犧牲了數目不可勝計的勞工生命。萬里長城蜿蜒曲折，全長二千多哩。這一遼古時代的建築，其工程之巨大，實凌駕於現代建築之上。

從中國流傳下來的歷史記載，我們可以知道這一巨大的古代建築物，

是由許多道城垣連接而成。其建築過程大概是這樣：監視工作的官員監督勞工鋪下一列蜿蜒的磚塊以後，便等待天空降雪，使該列磚塊被蓋上雪花而變得濕潤。及至大雪降下，監視工作的官員便驅使勞工在雪片上鋪砌第二列磚塊；天空降雪的結果，第二列磚塊變得濕潤，於是又鋪砌第三列磚塊。這樣不斷繼續下去，經過無數時日，由許多道砌成的城垣連接起來，便完成了蜿蜒曲折的萬里長城。

建築萬里長城



中國的萬里長城

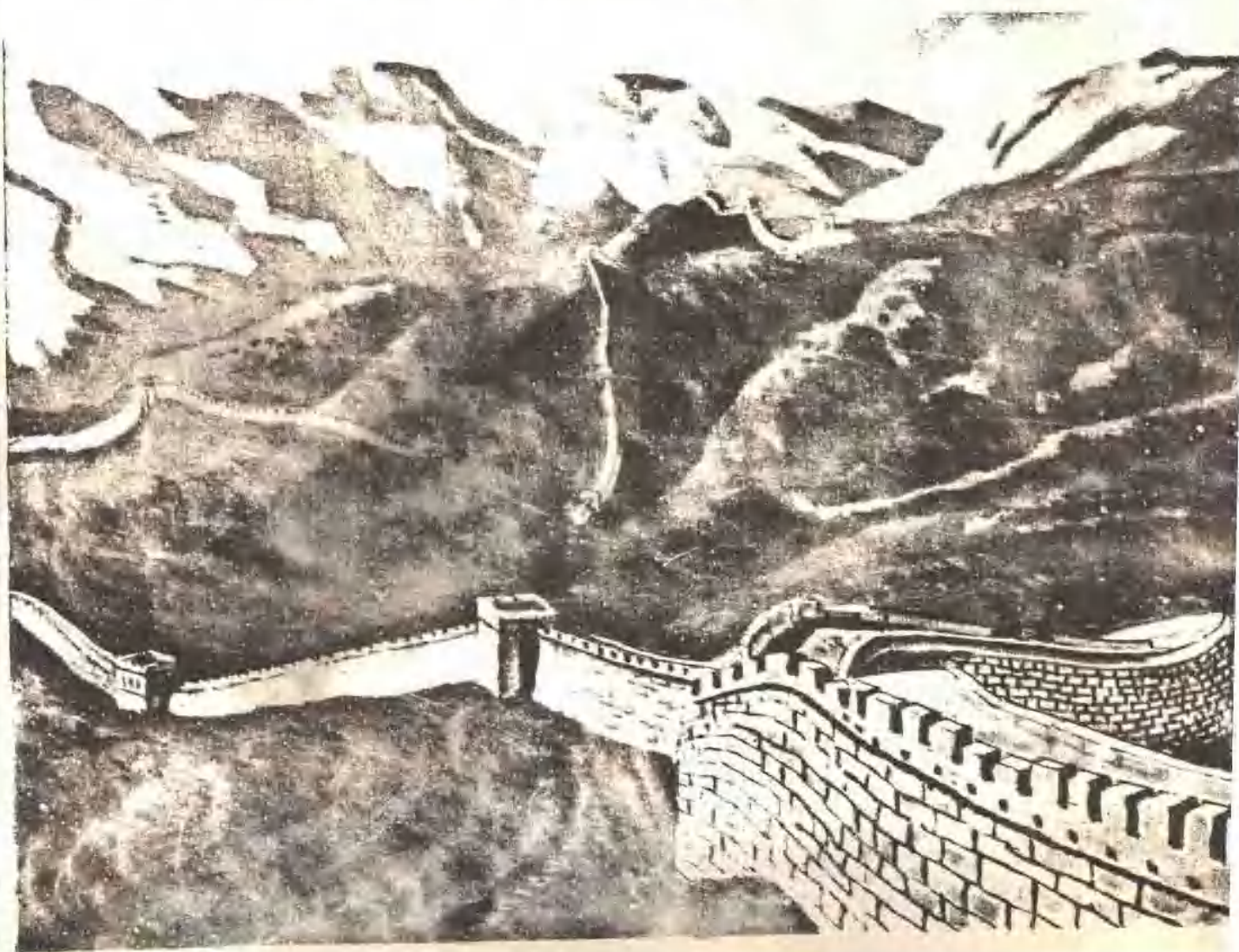
紀元前二百多年，在中國正是秦朝時代。當時秦始皇雖然統一了中國，但管轄的只是中原地方，西北部蒙古一帶，仍沒有劃入秦代的版圖。那時，中國西北邊境地方的匈奴部落，常常向中原入侵。匈奴人是遊牧民族，民性強悍，善於騎射；他們經常騎着戰馬，聯群結隊從蒙古沙漠侵入當時中國西北邊境的甘肅等省。匈奴人每抵達一個地方，都用刀劍或箭矢到處殺害居民，並俘虜平民進入匈奴部落替他們做苦工。在秦朝時代，這種情形不斷發生於中國

的西北邊境。

秦始皇獲知了這一消息，非常憤怒不安，為防止匈奴入侵，他特別召集了秦朝的大臣，在宮廷裏舉行會議。

「在座諸位，有誰能夠提供一個抵抗匈奴人入侵我國的辦法？」秦始皇對着一群大臣問道。他說這句話時，並以不悅的神態向丞相李斯看了一眼。但李斯却用眼色示意其他的大臣發言。

一位大臣發出低微的聲音說：「請賢明的陸





秦始皇召集了群臣在宮廷裏進行會議。

下寬恕臣民愚昧的稟奏。臣認為目前我們絕對無法消滅匈奴入侵，原因是我國人民都沒有良好的武器；這樣，對匈奴入侵當然是無法抵禦。要抵抗外族侵略，臣認為須先將武器發給平民，待匈奴被消滅後，才再將武器收回。不知陛下認為怎樣？」稍後，李斯跟着發言，他對秦始皇說：「我國在過去數十年來出現群雄割據的局面，都是由於民間擁有武器造成。不知陛下是否已忘記了這種教訓？」秦始皇高聲狂暴地說：「我完全沒有忘記。數年以前，我仍只是秦國的國王，現在，我已是整個中國的皇帝。我使用武力併吞了齊、楚、燕、趙、魏、韓六國，統一中國，稱為秦始皇帝。我希望國內不再會有戰爭發生，當然不容許民間藏有武

器，我絕對不會再將武器發給平民。」

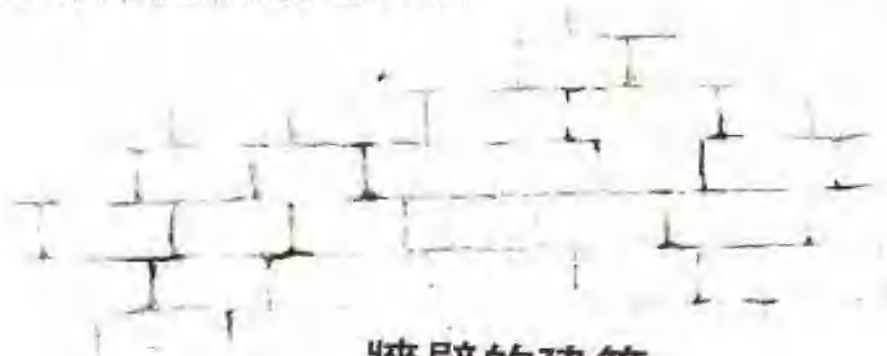
經過了片刻，李斯又說：「陛下希望平民不用武器便可以戰勝入侵的匈奴人，在座群臣有誰能夠想出一個良好的辦法？」另一位大臣誠惶誠恐地說：「請賢明的陛下寬恕臣民愚昧的稟奏。我們要戰勝匈奴，以臣的愚見，認為最好的辦法是派遣軍隊前往邊境駐守。而且，在可能範圍內，邊境每哩應駐守騎兵一千人；這樣，要防守整個西北邊境，我們就要派遣騎兵駐軍二百萬人。」李斯立即表示反對，他說：「陛下絕對不願意耗費糧食長期供養二百萬士兵。陛下所希望的，是怎樣才可以使兵士們徒步到邊境抵抗入侵的匈奴。」對李斯提出的問題，參加會議的大臣再沒有人敢開口回答。

秦始皇對着參加會議的大臣說：「我想出了一個很好的辦法，就是在我國邊境周圍建築一道堅固的城垣做防禦堡壘。這一道城垣，不但環繞整個西北部邊境，而且要把它建得又寬又高；每經過要塞地方，再加建一座堅固的瞭望台。這道城垣全長預計約二千多哩，由國內延伸至塞外。待這樣一道堅固的防禦堡壘建成以後，如果匈奴再度入侵我國，我們的士兵便可以據守着城垣，有效地抵抗匈奴騎兵的入侵了。」

秦始皇道出了他的計劃以後，其中有一位正直敢言的大臣立刻啟奏說：「這是一項很巨大的工程，不知陛下打算派遣什麼人擔任這一浩大的建築工作？」秦始皇滿臉怒容瞪視了他一眼，怒道：「你便是被派往建築這道城垣的一份子！全國的平民將和你一樣，要被派往西北邊境擔任這樣的工作。人們雖然不願意做這種苦工，但是，我却不准任何人反抗，全國平民均

要參加這項工作。」「陛下，如果你這樣做，全國平民便要終生老死在建築城垣這項工作上面了。」那位勇敢的大臣對秦始皇諷諫着說。「我相信平民的生命大概不會被犧牲在建築城垣的工作上。」秦始皇說。「但是，要建築一道巨大的城垣，無數平民的生命一定會被犧牲。」大臣說。「是的，建築一道二千多哩長的城垣，一定要經過十餘年才可以竣工。不過，我既已決心要建造這道城垣，縱然是犧牲無數老百姓的生命也在所不計了。」最後，秦始皇粗暴地說。

再沒有其他的大臣敢向秦始皇說話，宮廷的會議就這樣結束了。群臣默默地離開了秦始皇的皇宮。走出宮殿的大門，大臣們都低聲嘆息着說：「老百姓的生命將無辜犧牲在暴君的手上了。……」「唉！我真不願意聽到建築城垣的消息。……」



牆壁的建築

古代世界上有那些著名的城垣？

上述有關秦始皇驅迫老百姓建築萬里長城的故事，經過情形是否真實可信，在這裏沒有討論的必要。根據歷史記載，秦始皇在紀元前221年併吞六國，結束了中國群雄割據的戰國時代，統一全國，成為中國歷史上極殘暴專制的皇帝。秦始皇統一全國後，確曾驅迫無數老

百姓做苦工，將在秦朝以前所建的城垣聯接起來，築成了萬里長城。不過，秦的長城實際也只是一道堅厚的土牆，它由青海省開始，向西北蜿蜒，直達朝鮮，全長約二千哩，前後費時十餘年始全部竣工。這一古代建築，直至今日仍保留在中國境內。根據中國古代歷史學家的記載，在秦始皇的驅迫下，大約犧牲了一百多萬老百姓的生命，方才將萬里長城建造完竣。



左圖：用石塊和泥土堆積起來，建成一長道長的，却並不很高的堤壩，這是在北美洲東部和中部地方各印第安部落所常見的建築。沒有人清楚這些堤壩對印第安人的生活有什麼影響，也沒有人能完全了解他們建造堤壩的目的。唯一的可能，乃是印第安人把這些堤壩作為他們各部落防禦外敵侵襲的城垣。

右圖：是一座用黏土和泥磚砌建的城垣。它具有較良好的靜止角，但卻不夠堅固，實際上不可能用做防禦外敵侵襲的堡壘。



近代的歷史學家，認為秦始皇驅迫平民建築萬里長城，主要作用除防禦當時西北邊境的匈奴入侵外，並藉此阻止中國的老百姓逃往別地。匈奴是兇悍、野蠻的遊牧民族。上古時代，匈奴族部落多聚居在亞洲各地，他們時常侵犯鄰國。古代的中國，歷朝都有匈奴進侵中原的戰事發生；在西方，古羅馬帝國也是於公元第四世紀覆亡於蹂躪歐洲的匈奴手上。秦始皇驅迫中國老百姓建成萬里長城約六百年後，匈奴王阿提拉（Attila）率眾攻陷羅馬城，此後，建築工程又有了進一步的發展。

中國萬里長城雖然是古代的巨大建築，但它實際上也只是由許多道城垣連接而成。除中國的萬里長城以外，古代還有一些地方亦建有城垣。像以色列便曾在巴勒斯坦的一座古城建有城垣，以色列的英雄約書亞（Joshua）並曾

指揮士兵立在城垣上吹奏過戰鬥的號角。小亞細亞西北部的古城特洛伊（Troy），在古代也建有城牆；特洛伊城的守衛者並曾使用城牆做堡壘擊敗了侵略者的進攻。到了今天，我們更可以看到現代的城牆。現世紀最著名的城牆，大概是東德共黨為防止當地人民逃奔西德，而在東柏林建築的那座舉世聞名的柏林圍牆了。無論古代或近代，城垣都建築在邊境地方；建造城牆的目的，不外是防禦外敵入侵及阻止國內人民向別地逃奔。世界各地的城垣，普通都是用水泥、黏土和岩石等材料建成。

什麼是靜止角？

在建築圍牆或城垣時，第一列石塊就是整道城牆的牆基——它像因石塊和泥土混合而堆積



△這是一座有代表性的古代城牆，矗立在秘魯的庫斯科，為印加族人所建，用許多巨大的岩石堆砌建成；是古代印加族部落作為防止外敵侵襲的重要堡壘。



靜止角



如果你曾經分別用乾的沙粒和濕的沙粒來堆砌城堡模型，做完這兩項堆砌遊戲之後，你一定知道，凡是有靜止角出現的建築，均不可能把牆壁建得很高。同時，你也一定了解，為什麼滲進水份，使沙粒彼此黏合以後，就能使沙堆的四壁被堆砌得更為陡峭。

起來的天然堤防一樣。天然的堤防往往蔓草叢生，人工建造的城牆，經過日子一久，蔓草亦繞生在城基的四周。一般地說來，城基的兩壁大都並不怎樣陡峭。

如果你有興趣在海濱沙灘上用沙粒堆砌一座城堡模型，或者在冬天用雪片堆砌一座碉堡模型，在你做堆砌城堡模型的過程中，切勿忘記留心觀察它的“靜止角”。若砌建的城堡是用乾沙堆成，你發現該城堡模型的四周都不會

顯現得很陡峭，及至沙粒從沙堆四周瀉下時，它便又變成完全沒有斜面的一片沙土。不論在工作過程中顯得怎樣小心，當你把沙粒堆砌成一團屹立不墜的沙堆時，沙堆周圍的斜面，無論如何都要比堤壩的斜面大；也就是說，堤壩的兩壁一定比沙堆四周顯得更陡峭。沙堆四周形成的斜坡，就是我們所說的靜止角。

倘若用濕潤的沙粒堆砌城堡模型，便可以使沙堆的靜止角改變。由於濕潤的沙粒能彼此黏

合，故在堆砌過程中可以把沙堆四周砌成比較陡峭。但當陽光把沙粒曬乾以後，因為水份消失，沙粒再不能彼此黏合，這時沙堆便會崩裂，沙粒紛紛從四周瀉下，使沙堆變平成爲一片鬆散的沙土。從這種現象的發生，我們不難想像：假如能使沙粒在變乾以後仍然黏合，這樣，便可以用沙土建成一座兩壁陡峭的高牆。地球上的多種土壤，均具有在乾涸後仍然黏合的性質。黏土是其中最普通的一種。人們曾經把泥沙與黏土混合，建築成一座座高大的城牆。不過，用黏土建築的城牆却不很堅固，不適宜用作防禦外敵的堡壘。

岩石的性質雖然很堅固，可惜天然的石塊都像沙粒一樣，彼此不能黏合。假如我們用技巧把一些石塊像堆砌沙粒般堆砌起來，那麼，石堆四周便也會出現它的靜止角。除把石塊像沙粒般堆成石堆之外，我們還可以把石塊排列起來。在排列時，如果把它一塊接一塊並排，並且把它互相重疊，一塊覆蓋在另一塊的上面；經過這樣的安排，便會將石塊堆砌成一道屹立不動的牆壁。不過，由於石塊彼此並不黏合，故牆壁雖然砌成，但當它受到外力推動時，石塊便會紛紛下墜而使牆壁倒塌。在砌建牆壁時，如果在每兩塊石塊的接合點加上有黏性的水泥或灰泥做黏合物，使石塊彼此黏合；在將石塊重

疊時，也加上水泥或灰泥做黏合物，使上面的石塊和下面的石塊彼此黏合；這樣，砌成的牆壁便不容易搖動和下墜。假如能把岩石都製成一定形狀的方塊，並由深層的地基開始，一直砌建至頂端均用灰泥等黏合物使它們彼此黏合；這樣，用水泥和石塊做材料，便可以建成一道堅固的，不會因受外力推動而倒塌的高牆。

要把岩石製造成形狀相同的方塊，顯然不是一件容易的事。不過，在一千多年前，人們已發現將水泥和黏土混合，再把它放在烤爐內焙乾，即會變成堅硬的磚塊。後來把這種方法加以改進，用模型將水泥和黏土等混合物塑成方塊，再把它放進磚窰裏烘焙，燒成磚，便可使用磚做材料，建築成一道直立而堅固的牆壁。

牆壁的磚塊應該怎樣排成層列？

在使用磚塊建成的牆壁中，每道高牆裏那一列列的磚塊，永遠均被排列成水平狀態，縱使建築在斜坡上的牆壁，也不會例外。磚塊必須排列成水平狀態，位於較高的磚塊才不會發生下墜危險。每行排成水平狀態的磚塊，叫做每一“層列”。各層列磚塊的排列位置都有一個特點：凡是位於較高一系列的磚塊，它的中間部

左圖：古代人們製磚的方法，是先用木塊製成模型，把泥和黏土堆塞在模型裏，再將它放在陽光下面曬乾。右圖：現代建築使用的磚，都是放置在磚窰裏烘焙製成；磚窰內面的熱度，通常超過二千度。





如果一道牆壁各層列磚塊的砌建方式是如上圖所示（上列每個磚塊均剛好覆蓋在下列的每個磚塊上面），我們可以看到，一個磚塊在它的固定位置上，只能靠鄰接四個磚塊的力支持。

份，均砌置在較低一列兩個磚塊末端的接合點上。即每相鄰的兩個層列，永遠不會是上層一個磚塊剛好覆蓋着下層一個磚塊；而是上層一個磚塊蓋着下層兩個磚塊的彼此一端。試取一些立體狀的方糖代替磚塊，便可動手做一個簡單實驗，俾能更好瞭解為什麼每層列的磚塊必須這樣砌建。動手做實驗時，先將各塊方糖頭尾相接地排成第一層列，再將每塊方糖對準第一層列各方糖的位置，重疊在它的上面。也就是說，第二層列的每塊方糖，均剛好覆蓋在第一層列每塊方糖之上。然後依照這個方法排列第三層、第四層……。這樣，把方糖堆砌至一定高度以後，只須用手指在上面輕輕敲動，位於上端各層列便很容易因受顫動而下墜。跟着，你不妨再做一次實驗，對方糖排列採取另一種方式，將位於上列每塊方糖的中間部份，均砌置在下一列兩塊方糖末端接合點的上面。這樣，把方糖堆砌至一定高度以後，再用力在上面輕輕敲動，你便會發現這壁用方糖砌成的“牆”較難倒塌，每塊方糖彼此之間都有一定的支持力量。

其實，這也不是建築科學上什麼深奧的技巧，只要你對上述的實驗加以探討，便可以覺察，以第一種方式砌成的“牆”，每塊方糖賴以固定的力，只能來自它鄰接的四塊方糖支持；而以第二種方式砌成的“牆”，每塊方糖賴以



如果牆壁是屬於由兩壁磚塊砌建的雙磚牆，在砌建兩壁磚塊的層列時，多採用上圖所示的方式。這樣，每個磚塊賴以固定的支持力量，將比下圖的砌置方式更大。不過，在普通情形下，採用下圖所示的方式，每個磚塊賴以固定的力，均有六個鄰接的磚塊共同支撐，亦已能使牆壁建築至一定高度。



固定的力，却有鄰接的六塊方糖共同支撐。這樣，以第二種方式砌成的“牆”，當然是比較穩固了。

在建築工作上，很多方面都應用上述這個實驗的原理。對於牆壁的建造，應用這一原理，不但能把它建築至一定的高度，而且還可以據此計算出一壁多高的圍牆，應該建造一道怎樣的地基，才能使建成的牆壁安穩屹立。把這項

原理加以推廣，人們還可以在牆壁的中間留下一個缺口做門戶，使建築技術得到了進一步發展。

怎樣才能使牆門上面的磚塊不會下墜？



建築一道圍牆時，通常都要在圍牆的某一部分留下一個缺口，作為人們進出的門戶。如果所建的是一道矮牆，則只須在圍牆某一位置空出缺口，再在空缺部份裝置一扇有樞紐，並能自由開關的牆門，這便建成了一個門戶。但建築的若是一道高牆，而作為門戶的缺口又要比整道牆的高度較矮時，問題便比較複雜。怎樣才能使牆門上面各層列的磚塊，保持在固定位置而不下墜？工程師使用的是三種方法：一是用橫木或楣石支持磚塊；二是砌牆時使壁上一部份磚塊伸出，把門戶變成拱形；三是將牆門建成拱形。

讓我們依照土木工程師的方法來作實驗。牆門上面的磚塊因受地心引力影響而下墜，是進行這項實驗最難解決的問題。牆門上面的磚塊，我們稱它是地心引力的負荷物；如果能將這

抗壓強度



些負荷物的重量分配給門戶兩壁分擔，這樣，在牆門上面砌建的磚塊便不會跌下了。

人們使用一些堅固的建築材料，在建築工作上，常能把重量很大的負荷分擔。但一般建築材料，却很難完全包含三項不同的抗力強度。



假若你把一本電話簿放在地板，再站到電話簿上面去；表面看來，站立在電話簿上面的雖然只是你的雙足，但實際上你整個身體均已成爲電話簿的負荷物。電話簿雖被重壓，它却始終能把你載負着；因此我們說電話簿具有很大的“抗壓強度”。假如你把一根粗繩的一端縛在樹枝上，然後以雙手緊抓繩的中央，並用力搖擺使繩轉動；這時，你整個身體均攀附在繩上，但繩卻不會被你拉斷。因此我們說繩具有良



好的“抗拉強度”。當粗繩在盤旋擺動時，若有人用一把剪口並不銳利的剪刀企圖把它剪斷，在進行這一動作時，無論他怎樣用力，也不能將繩立刻剪斷；除非他把剪口對着粗繩來回往復地不斷鋸剪，才會漸漸將繩鋸斷。因此我們說繩並具有“抗剪強度”。不少物質均具有一種或兩種良好的抗力強度。像繩便具有良好的抗拉強度和抗剪強度，但它却没有抗壓強度。沙堆具有極微的抗壓強度，却全無抗拉強度。

現在，假定我們要建築一壁高度 12 呎，但牆門只能造成 3 呎寬及 6 呎高的磚牆。動手建築這道磚牆，當我們在砌置第一、第二、第三

圖中顯示橫木不能具有足夠的抗壓強度。

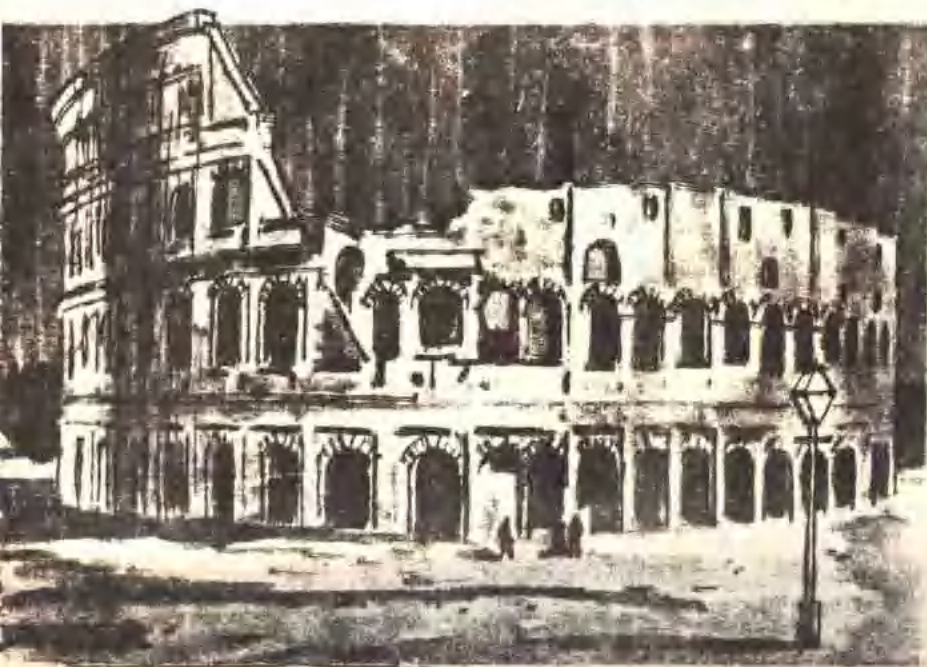
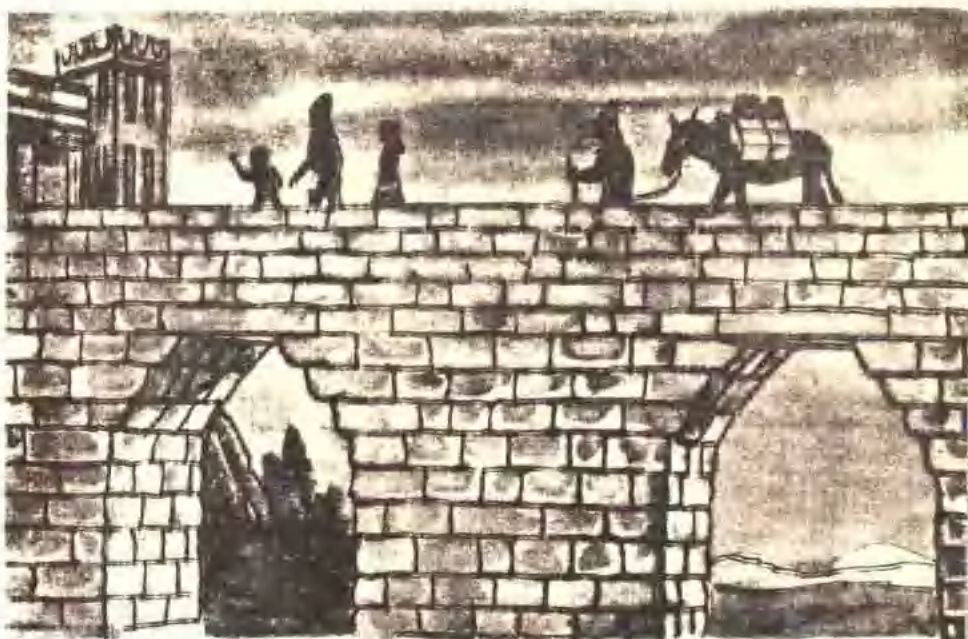




左圖是位於美錫尼（希臘東南部的古城）的一座城門。城門頂上砌置着一對石獅子。美錫尼城門約建於紀元前1200年，是根據用橫楣石支持磚石的原則建成。



使用牆壁伸出磚塊的辦法建成的兩個牆門。牆門頂上是一條用磚石鋪砌的道路，直通往古希臘諾薩斯城的宮殿。



古羅馬的圓形大劇場約建築於公元70年至82年之間，劇場四周的牆門均建成拱形。該劇場的大部份建築物目前仍然存在，已被破壞的只佔一小部份。



、第四……各層列的磚塊時，均會在它的中間部位留下3呎寬的缺口；用這種方式砌建至各層列磚塊共高6呎，牆門剛好到達了足夠的高度，然後取一根大約8呎長的橫楣木覆蓋在缺口上面，由於它兩端均被磚牆支持着，故不會從缺口跌下。這時我們說：「將磚塊的層列砌建在橫楣木上，門旁的兩壁磚牆有足夠力量支持橫楣木負荷物不會下墜，牆門便可以建成。」

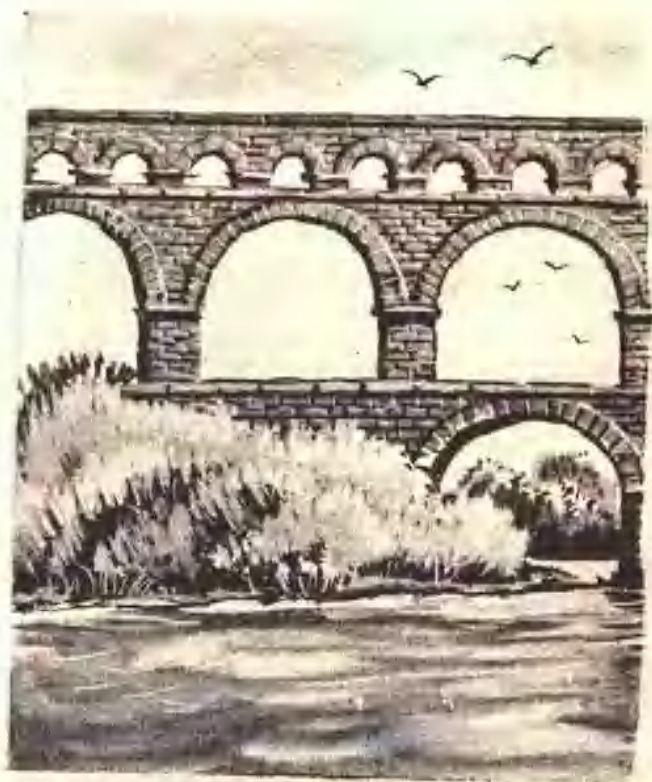


但是，當我們在橫楣木上面砌建了數列磚塊後，便看到它的中間部份被壓下陷，顯出橫楣木不夠堅固。至此自然要對它的各種抗力強度提出探討。如果木材沒有足夠的抗剪強度，橫楣木兩端便會被上面的磚塊壓斷；橫楣木兩端既沒折斷，足證它具有抗剪強度。目前的情形，是橫楣木底部被壓彎曲，而且伸張較大，表面部份雖也彎曲，伸張却較小。這一狀態，也能用電話簿來做實驗：你可以站立在電話簿上面，先用手把電話簿向外的兩個簿角緊壓，再以它全部頁數的一半做分界，盡力將前半部紙張兩個簿角屈曲向上。這樣，你便會發現電話簿後半部各頁均緊緊密合，前半部各頁却向上鬆弛，和牆門上的橫楣木有點相似。這說明了橫楣木是具有一定的抗拉和抗壓強度。用木材做建築材料，優點是具有抗拉及抗壓強度，缺點是日久會發生腐朽及容易燃燒。用石材雖無腐朽及被燃燒之弊，但它的抗拉強度却不理想。

怎樣以牆壁伸出磚塊的方式建築牆門？

我們能否用其他方式，使具有抗壓及抗剪強度的建築材料，有效地支持被覆蓋在牆門缺口上面的磚塊？答案是可以的。方法是砌建時使牆門兩側一部份的磚塊作拱形伸出。以建造3呎寬，6呎高的牆門為例，當缺口兩邊牆壁均

砌建至6呎高以後，接着向上砌建的一層磚塊鋪放至缺口時，即讓磚塊的位置向缺口伸出一部份；跟着向上鋪砌的又一系列磚塊砌建至缺口時，再讓兩側磚塊向缺口伸出更多的位置。用這種方式一直向上鋪砌，牆門上方便會出現一段像把階梯倒置般的形狀。到了最後，被嵌在牆門兩側伸出的磚塊終於彼此接合，而聯成一排連貫的層列。你也許會發生疑問：「牆門兩側缺口伸出的磚塊，會不會從上面下跌呢？」答案是絕對不會。因為那些向牆門兩壁伸出的磚塊，均有一端與另一磚塊接合，而且每個磚塊的一半體積均覆蓋在下一層列磚塊的上面；故它們的位置會因相鄰磚塊的支持而固定，不可能從上面跌下。在上古時代，近東（Near East）諸國國王陵墓的建造，多是使用這種方式建成。據考古學家指出，這一建築方法遠在紀元前2500多年已被採用。目前，在近東的巴爾幹半島諸國，仍可以看到這種形式的古代建築物。

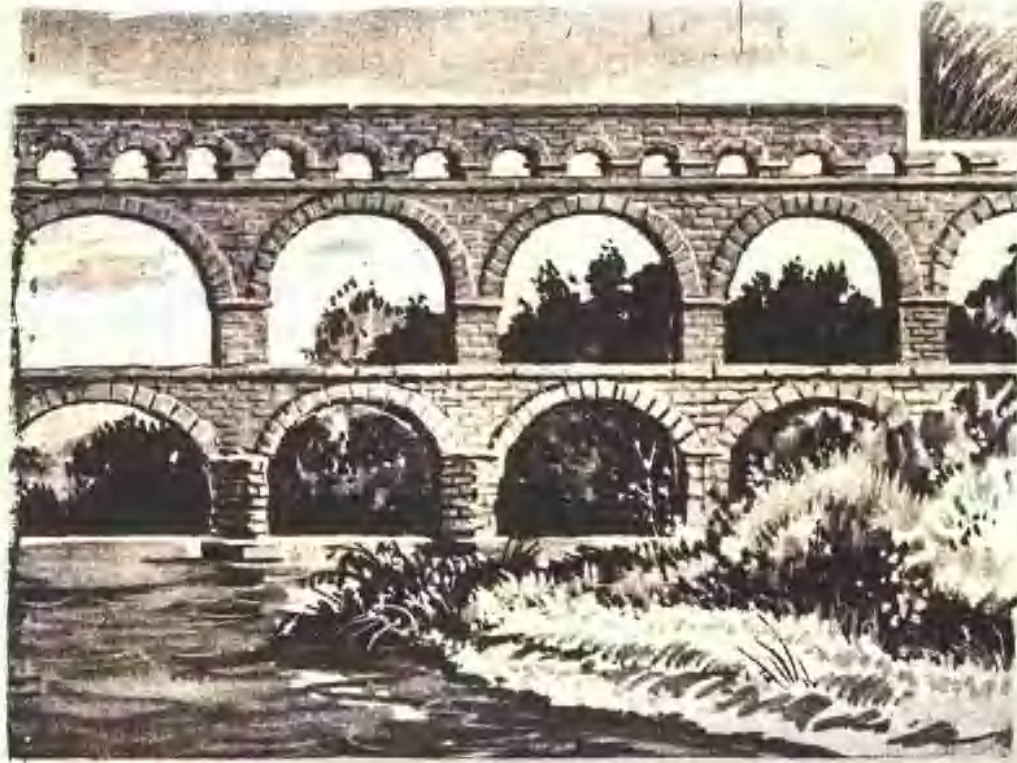


怎樣把牆門建成拱形？

在使牆門兩壁一部份的磚塊作拱形伸出這一建築方式出現約數百年後，建築技術又有了進一步發展，那就是建築門戶時，可以把牆門形狀建成真正的拱形。當時，大概有些工程師曾經這樣想：「牆門上面的磚塊會把楣石壓向下陷，如果砌建時能夠先用一塊向上彎曲的楣石蓋在缺口上，這樣，它雖然被壓向下陷，便也不會發生問題了。」而發展的結果，却比他們的想像更為理想。讓我們將6呎高、3呎寬的牆門再建一次。在將兩壁砌建至6呎高時，我們即變更方式，不再把磚塊橫置，而改為直放。如此一來，使磚塊由兩端接合變為兩面接合，並排便也更緊密。這時，假如將形狀及大小相同的磚塊全部直砌，放置時把各磚塊的一端向着缺口，另一端對着相反方向；並用這種方式把它逐層向上排列成一個半圓形，這樣，牆門上端便出現了一個把缺口完全覆蓋的拱形。

跟着，再在拱形的周圍鋪上磚塊層列，牆門便宣告建成。「那麼，砌成拱形的磚塊會不會下墜呢？」你一定這樣發問。我們肯定地說：砌成拱形的磚塊絕不會下墜。原因是建成拱形的每個磚塊，均有三邊和別的磚塊緊密連接，它們彼此互相楔合，不會脫離。位於牆門頂端的拱形磚塊，我們叫它做楔石（又叫拱心石）。楔石能彼此楔合不墜，主要是由於它們的重量均已被拱門兩側的牆壁分擔，所以不會被地球的引力吸向下墜。古代中國萬里長城的城門及每個瞭望臺窗戶均建成拱形；這一距今二千餘年為防禦匈奴入侵而建成的建築物，目前仍然保留在中國境內。

萬里長城每個瞭望臺的窗戶均建成拱形。



古羅馬的建築師在河道上建起多層拱形城門的圍牆。這種城牆建築於紀元前的上古時代。目前，在歐洲的意大利、法蘭西和西班牙等國家，仍可以見到這些建築物。



上圖為古代克利特（屬希臘）統治者在諾薩斯城所建的邁諾斯宮殿內部。紀元前1700年左右，是克利特最興盛的黃金時代。

這是邁諾斯宮殿裏用雪花石膏製成的帝王御座；御座背緊靠着滿繪壁畫的高牆。