

第一單元 模板工程定義

以往情形中，灌注混凝土模板用之木料或其他材料，曾被稱為模板工程（formwork），鷹架（falsework），拱架（centering），與模工（shuttering），每一個名詞均可作相同的一般性應用，但是其間仍究有不同。英國混凝土學會之模板工程發展小組委員會經瞭解到需要較為精確之名詞，因之乃撰編其詳細之字彙。

其後，該字彙經英國標準局採用出版編號為BS 4340 書名為Glossary of Formwork Terms（模板工程名詞字彙）。該書中之定義係屬選擇性的，並不是通用性的，並且主動的排斥曾在建築工地使用多年某些名詞之意義。其採用了formwork（模板工程）與forms（模板），而不採用shuttering（模工）與shutters（模），不過後者至今英國工地仍舊通用。

著者認為為了避免混淆不清，必須遵循英國標準局（BSI）的建議，故全書中只要認為是頗為中肯處，便採用該局規定名詞。有許多名詞須瞭解其使用體系之出處，或是當發生此情形時，加以說明。有些名詞則不僅限用於模板工程，一般工程施工中對其均頗熟悉。

下列少數名詞係錄自BS 4340：，而且是僅限於對一般讀者而言，可能比較不熟悉的名詞。

括弧中之文字為著者自行加註之說明，不是英國標準局原文。下列所列僅係錄自字彙中之推薦名詞。

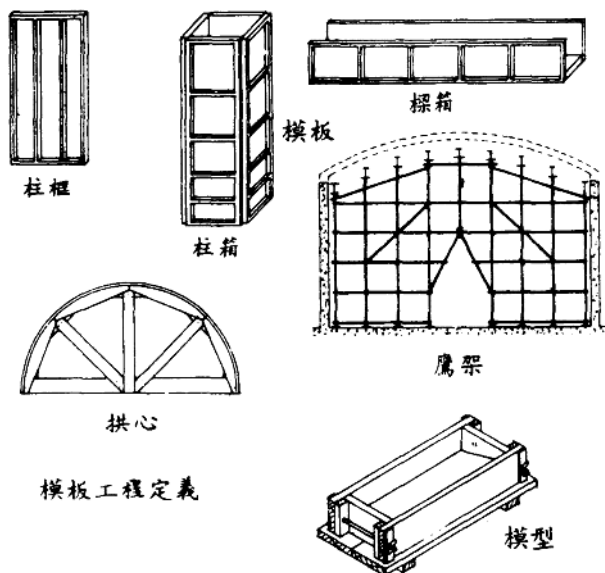
出入口（access door）：厚層混凝土用模板工程中，可移動的格框（panel），供監工，或澆注或搗實混凝土出入之用。

背模（back form）：結構完成後不再暴露之混凝土面用之模板（例如基礎牆用外側模板）。

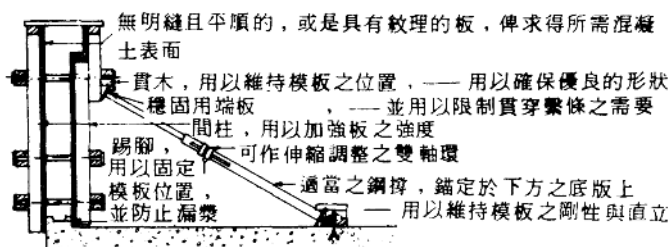
樑箱（beam box）：樑用之底板與側板的組合（見圖1-1）。

小匣（box out）：混凝土中之小穴或孔洞用之模板（亦即用來形成一

2 混凝土模板工程



模板工程定義



優良模板工程之要求



經濟之做法

圖 1-1

個小孔洞，而不是用來澆築一個實心方塊）。

支撐 (brace)：一種構材，通常為斜向，具有抗拉與抗壓之作用，用於加強構架抵抗變形（請注意，其與撐柱 (strut) 及繫材 (tie) 均不相同，前者之作用僅承受壓力，後者僅具有拉力作用）。

撐構 (bracing)：支撐系統。

骨架木材 (carcasing timber)：支承模板之任何結構用木材，但正常情形均不與混凝土相接觸。

拱架 (centering)：（請注意其拼音）拱腹曲面用之臨時性支承木材。〔註：此名詞很顯然可應用於傳統上稱為是拱心 (archcentre) 的，磚拱用的構架支承，但是此名詞本身乃是屬於多數的，而且並不統一。因之，其呈現出不能與“單一之拱支承用的拱心 (centre)”相互通用見圖 1-1〕

線條模板 (chase form)：刻有線條之模板。常常是木製模型，並置於主模板面上。

核對板 (check)：固定於模板面上之小木片，用以標示澆築一層混凝土之頂面之位置，並形成與上層澆注混凝土相接之清除線。

穴板 (check out)：一塊固定於模板上之木材或其他材料，用以形成混凝土中之凹穴（與小匣 (box out) 相比較）。

柱箱 (column box)：柱用之組合模板（見圖 1-1）。

止動木重 (dead man)：有時須加埋設之重塊或樑，用以錨定拉索或形成繫條。

緩拆支柱 (dead shore)：經設計成拆除底面模板時，仍可留在原位，用以支承尚在繼續硬化之混凝土（此情形可允許提早拆模，供重複使用）。

定距材或墊塊 (distance piece)：短枝之木材或其他材料，用於維持牆壁或樑之相平行模板間的間距。

側模或邊模 (edge form)：路邊或其他版邊之模板工程。

整平面 (fair face)：較之得之粗糙之模板工程為佳的純混凝土飾面 (finish)。

鷹架 (falsework)：模板工程中支承模板之部份——通常多用於諸各

4 混凝土模板工程

橋樑等之大型結構(圖 1-1)。鷹架之詳細定義參閱 BS 規範。

模板(form)：模板工程中之板，以及緊靠著板之支承加勁構材部份(例如：不包括支柱)。有關詳細定義可參閱混凝土學會與結構工程師學會對模板工程之聯合報告。

黏脫模板(form plucking)：因與混凝土相黏結，拆模時須扯脫之模板面。

成組鑄模型(gang mould)：一系列之模型，經安排成在同一底面上，可鑄成許多相同之預鑄件。

成組模板(ganged form)：許多格框裝拼在一起，並以貫木，強勁背撐，或立砌磚，或此等之組合，用以加強。

漿封(grout seal)：用以封閉模板中接縫之材料或方法，以防止漏漿；正常情形為一條嵌入接縫中可壓縮之材料。

漿板條帶(grout strip)：詳見“核對板”條文。

踢腳(kicker)：一塊高出樓版面，澆築的小型混凝土塊，用以固定次一層之牆或柱模板位置，並有助於防止漏漿。

踢腳框(kicker frame)：構築踢腳用的，高出樓版平面之淺模板工程

整形材(make up piece)：一片材料，用來求得較採用標準墊木或格框為大之尺寸。

模型(mould)：澆築預鑄混凝土構件用之模板(見圖 1-2)。

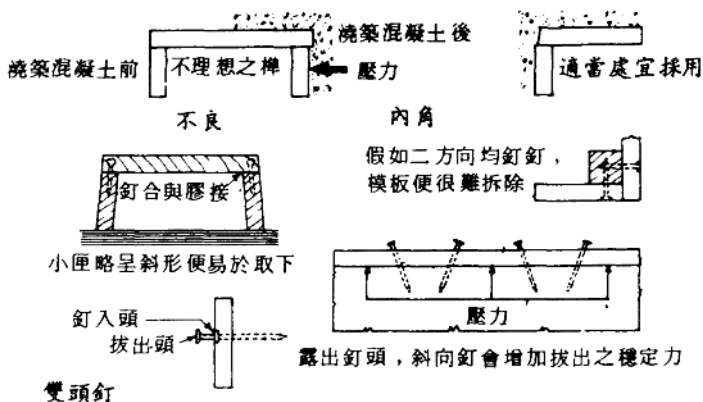
泥檻(mudsill)：與地面直接相接觸之檻。

格檻(panel)：經設計成可重複使用的，有一定大小的，預先製造好的模板，可將許多個裝拼在一起，組成一個較大的面(見圖 1-2)。參閱成組模板。

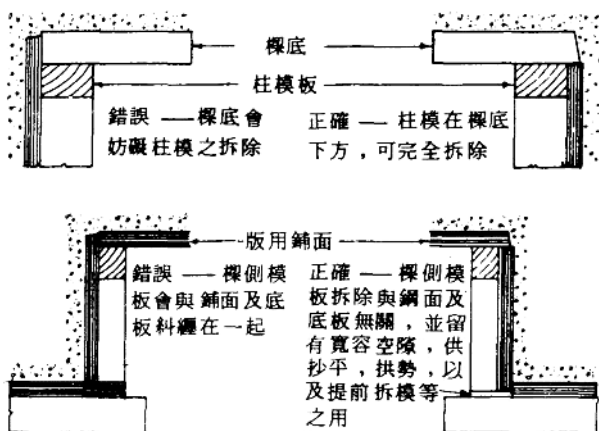
剝脫(plucking)：由於混凝土與模板相黏結。而導致混凝土之碎裂(與黏脫模板相反)。

支柱(prop)：甚輕，可用人運搬之撐材——可調整時則稱為可調整支柱(adjustable prop)(此型支柱一般均以鋼管相套製成，並可伸縮)。

拉條(runner)：跨過若干支承構材，並將其連繫在一起的縱向構材



所有模板工程在澆築混凝土後必須便於拆除



拆模順序對模板設計之影響

圖 1-2

6 混凝土模板工程

(或可用作承托樑底) 。

刮板 (screed board) : 混凝土飾面用樣板 (或為平直 , 或為曲線) 。

頂模 (top form) : 當混凝土頂面過陡 , 不加阻擋難以灌注時 , 所採用之頂面模板 。

第二單元 優良模板工程之要求

強度、勁性、平整，與位於混凝土面處之優良形狀乃是主要的需要；構造與安裝成本亦必須審慎考慮。外側並不需要整齊；切除多出來的木料係屬浪費。支撐與繫條除非是為了配合安裝，否則便不必將端部切平。不過，當可自一根長木材上切下不止一根構材時，當然，作斜向切割或亦可節省材料。

接頭必須簡單，除非是諸如大型拱架與重型載重構架等，變得需要其他類型之接頭以外，則限用搭接、對接、與楔型接頭。

澆注混凝土以後，所有模板工程均必須易於拆除。需要小心檢查，其中是否有材料會被嵌入混凝土中，尤其是木材端部紋理，更應注意。小匣必須略呈斜形，俾利於脫出或是將其打掉。儘量少釘釘子，除非是釘在模板上的釘子，否則便必須將釘頭露出，俾利拔掉。內角處不可在兩個方向上均釘釘子。斜向釘釘有助於增加直向拔出的穩定力。雙頭釘頗為有用，並能增加效率，但是價格較貴。

[1] 拆模順序對模板設計之影響

進行拆模通常均有一定之次序，同時，模板必須設計成能夠按所需之次序拆除。

其基本情形是：

1. 直立之模板，表面須不承受荷重，例如：柱箱、樑側模、牆模。
2. 版用鋪面，係水平方向與略呈傾斜，僅承受輕微載重，例如：屋面，樓版、遮陽等用之版。
3. 底模，承載重型載重，例如：樑與大樑之底。

[2] 需要經濟規劃

即使組織良好之施工工地，模板工程之成本亦可高達合約之結構成本之三分之一。因之，工地上的每一個人基本上均必須避免材料與人力之浪費，用以維持成本於最低。

[3] 針對木材浪費須注意之點

1. 以流質混凝土與外部活載重，以及靜重等施加之應力，必須加以分析，用以求得木材之最小安全尺寸與支承之最大間距。
2. 必須訂購最方便長度之尺寸，用以避免因切割發生之浪費。
3. 所有較長的長度必須首先切割，然後自較短的材料切割較短的長度。
4. 製成之模板必須易於拆除，不會受到傷害，如此便能容許作最大的重複使用。
5. 拆卸後所有鬆脫之板或格框，均必須隨即加以清理，除去鬆脫之釘子，並將格框堆放整齊，以備再行使用。
6. 小栓、楔、螺栓，以及其他可鬆脫之零件，經取下後均必須以分別之小箱裝好。所有螺栓與其他金屬零件均必須加以清理並塗油，以備再行使用。

[4] 避免浪費時間

時間與人工之浪費計有下列諸原因。

- (a) 等待模板澆築混凝土，或者是等待混凝土安裝模板，所導致之瓶頸。
- (b) 對工人之含混的指示，引起爭論或錯誤。
- (c) 工人經驗不足製得之模板，或者失敗，或者漏漿，包括對混凝土之廣泛修理。

爲了避免挫折，必須採取下列步驟：

1. 模板工程必須作全盤之規劃，並且必須與工地機構及其規劃工程師聯合訂定一個肯定的作業方案。
2. 須製造每一種單塊的格框或模板，均必須在標準圖的詳圖中繪出其圖形，並分送工人一份副本，圖上必須提供製造模板或格框之所有資料，任何類型所需之數量，以及標示其在索引圖上之位置編號。
3. 澆築混凝土前必須作例行的檢視，以備開始，同時，在實際澆築混凝土時，永遠必須有一位通常均稱為支援木工者在現場待命，其必須持續監視模板工程，是否發生鼓肚凸出，或其他可能導致失敗之徵兆。

第三單元 工 具

並不需要整套的工具。正常情形須包括下列工具：

1. 美式斧。
2. 美式羊角錘 (claw hammer) 。
3. NO. 1 號 Warrington 式錘 (用於釘小釘) 。
4. 150 mm 與 300mm 全鋼曲尺 。
5. 660mm 手鋸 (直背，每英吋 6 齒，亦即 5 個間距) 。
6. 250mm 小鋸 (每英吋 10 齒) 。
7. 木殼粗鉋 。
8. Stanley 型之鋼殼光面鉋 (包含有 50mm 之鐵) 。
9. 225mm 船型氣泡水平儀 (很容易插入直尺之小槽中) 。其必須是幾乎近於平直之氣泡管，並繪有恰好為氣泡長之一對標線 (常溫時) ，其中液體必須是有色酒精 。
10. 黃銅垂球，連以一段海上釣魚用釣絲 (比較不會受風干擾之細絲) 。
11. 各型堅鑿 (假如把手端部裝有鐵箍，便可不需要木錘) 。
12. 圬工與磚工購用之，38mm 寬之承材鑿 (bolster chisel) 。
13. 印第安結合油石 (Indian combination oilstone) 。
14. 不漏油之油罐 。
15. 黃楊木製折尺 (有時可加用一支 2 公尺長之鋼捲尺，但是不可取代黃楊木折尺) 。
16. 鉗形鋸齒修整器 (具有單一衝孔器) 。假如此鋸齒修整器係供模板工程用鋸專用，便可將衝孔桿與鐵砧取下，重新研磨求得更大的安裝角度，然後再將其安裝回去，則更為便利 。
17. 600mm 之拔釘桿。購買一枝八角鋼製品較好。以鋼筋自製者

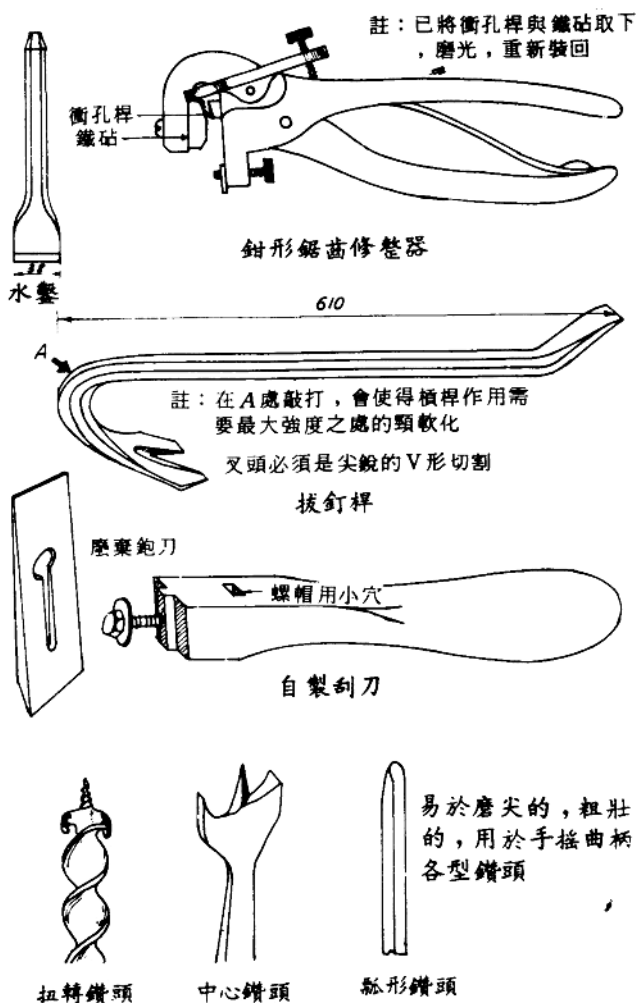


圖 3-1

12 混凝土模板工程

不好用，亦過軟。

18. 手搖曲柄。
19. 各種易於重行磨尖的、粗壯的、手搖鑽頭。
20. 鋸用三角銼，工廠用扁銼，平滑鼠尾銼，以及爲了維持諸工具具有良好狀態所需之任何其他銼刀。
21. 自製刮刀（清除模板面黏結之已經硬化的混凝土）。
22. 鋼製安裝器、鉗子，或剪線刀等或亦有用。
23. 塗油用碎布片（裝在一個較大的清潔的罐中，例如裝地板臘之空罐）。

由承包商供應的，或是在工地現製之設備，計有：

1. 磨鋸用馬槓（最基本）。
2. 各型直尺（最好是用黃松木製造）。
3. 三公尺長之測桿。
4. 30 公尺長之捲尺。（必須是鋼製，因爲亞麻布製皮尺在訂定一已知尺寸時不夠精確。不過，皮尺可用來作移轉量度，與比較不甚重要之量度）。

假如包含具有曲線與曲面之工作，則經證實下列設備頗有用處：

1. 圓鋸（compass saw）（三片不同之尺寸）。
2. 輻刀（spokeshave）（鋼型較耐久，但是假如是掉落在地上，則可能破碎）。

[1] 工具之照顧

雖然繼續不斷的用於混凝土模板工程之木工工具必然會與混凝土相接觸，而且會遭遇到風雨侵襲，但是每一種情形均須小心從事，則仍可維持其之優良情況。以下爲有關此方面須加注意事項之提示：

1. 鋸：常常使用較一般爲寬之鋸齒整修器整修與磨利。經常塗油，不沾塵灰。在骯髒木料上的清潔面繪上切割記號，如此鋸開

木料時，砂礫便會自鋸齒前方掉落。

2. 木鑿：維持刀鋒為磨利狀態。不要當作刮刀使用，或是當作槓桿，將格框撬開（可能會碰到鐵釘）。
3. 鎚：保持清潔，不可擦油（有油的鎚頭會將釘敲彎，打到手指）。不要用鎚打去混凝土上凹凸不平部分，或是用來清除板面。拔除長於 62mm 之釘時，用拔釘桿，不要用鎚。
4. 拔釘桿：永遠不將拔釘桿打入模板或板面之間，其或許會使得最大應力處軟化。永遠先用冰鑿鑿開。
5. 冰鑿：鈍了以後，不要磨光，因為如此會磨掉經過硬化的刀口，露出未經回火的軟鋼。交由鍛工飾面。另備一枝備用冰鑿，供送修時應用，較為方便。
6. 銼：不要銼較鋸用鋼更硬之材料，以鋼刷清理銼。
7. 曲柄搖桿用鑽頭：擱置不用以前，須用塗油布擦拭。永遠自內側磨利，如此將不會縮減切割半徑，或改變切割角度。假如一枝用舊（但是仍可用）在柄以下部份切斷，則仍可供電鑽使用。不過，此時轉動速度須較慢。

第四單元 木模板工程中之應力

茲對所需強度中採用之諸名詞均作少許之說明，並隨之介紹混凝土模板工程中採用之構材之適當最小尺寸與最大間距，但是求得此項結論之詳細證明，本書中則一概省略。

計算中引用 SI 單位可避免數字換算之計算過程（諸如自碼換算成呎，或自呎換算成吋），此情形僅限於將小數點加以移位而已，但是在此同時，小的量度單位公厘與較大之單位公尺之間的一段間隙，對於工地人員則會帶來一些困擾（有許多情形亦難以控制）。如此，乃發生一種情形 $1 \text{ 立方公尺} = 1,000,000,000 \text{ mm}^3$ 。更進一步之困擾尚有材料之密度之單位，永遠是採用每單位立方公尺之公斤數，水平鋪面混凝土之重量，或垂直板面上之壓力的單位，則總是按每平方公尺中之公斤數計算，同時所有表中所列的材料強度值，則均以每平方公厘之牛頓數為單位，而且模殼工作的力學設計之同一方程式中，亦須引用此兩種數值。

爲了維持此等方程式之合理的實際尺寸，亦即維持其數字之位數至最少，則必須以指數形式來表示此等數值，經將一個數值作為是某種單位元素，然後乘以一個能將其換算回為原來數值之十的乘方數，便可很有效率的辦到此情形。如此， $330,000$ 便可用 3.3×10^5 表示。假如原來數值小於單位元素甚多，其指數乃變成負值，如此則 $0.000033 = 3.3 \times 10^{-5}$ 。

必須注意，對於單位值或更大之數值而言，正值指數值較之其數值中在小數點左邊之數字的位數小 1。對於較單位值為小的數值而言，亦即負值指數值較之其數值在小數點後之零的位數多 1，換言之，自 1 至 9 之數值的指數為 0，不過此情形很少將其寫出，同時自此向右數為正，向左數為負。亦必須要注意，當採用對數計算時，此指數則變成了 $\log$ 之定位部。

當將分數寫成指數形式時，分母中之所有乘方指數，可自分子中之乘方指數中減去，求得之十的乘元數最後必須與其餘之計算值相乘。例如：

$$\frac{3 \times 10^5 \times 4 \times 10^3 \times 2 \times 10^4}{5 \times 10^4 \times 7 \times 10^6} = \frac{3 \times 4 \times 2}{5 \times 7} \times 10^{(12-10)} \\ = 0.686 \times 10^2$$

但是 0.686 等於 6.86×10^{-1} ，故其答案為 $6.86 \times 10^{(-1+2)} = 6.86 \times 10^1$ ，或為 68.6 。

可能導致混淆之最後一項困擾，則是諸如木材與鋼料等材料之應力值，對得自混凝土之重量或壓力之載重值間的關係。

此情形採用之單位為牛頓 (N)，並不是以重量表示，而是必須克服 1 公斤之質量的慣性，使其產生每秒² 一公尺之加速度，所須之力用的科學名詞。因為自南北極至赤道間之地心引力（此乃是真正的重量）稍有不同，故對於需要極端準確結果之某些科學上的計算而言，便必須引用此單位。

對於工程施工之情形而言，此項不精確情形可以略去不計，牛頓可以作為是公斤之僅僅一個因數表示。一公斤，或者是更精確的說成是一公斤之力，大約等於 9.807 牛頓。不過，此值經四捨五入作為是 10 ，一般亦可接受。如此，所得到之足夠準確之數值為：

$$1000 \text{ 牛頓} = 1 \text{ 千牛頓}$$

$$1000 \text{ 公斤} = 1 \text{ 公噸}$$

$$\text{因之得 } 10 \text{ 牛頓} = 1 \text{ 公斤}$$

$$1 \text{ 千牛頓} = 100 \text{ 公斤} = 0.1 \text{ 公噸}$$

[1] 應力與應變

結構中之所有的材料承重時，對外力產生內部反作用以前，均會發生稍許之位移。所設置之抵抗力稱為是應力 (stress)，經量得之此種位移，則為應變 (strain)。

假如模板工程係承受適合的載重，則發生之應力必須不得超過木料或其他材料之安全單位應力容量。然而，模板工程僅僅是臨時性的，故其應力可較永久性結構之值略高。

應變之情形與應力之類型相關，如此，受壓時便縮短，受拉便伸長，承受剪力時，便告扭曲，然後在破壞處發生剪斷。

[2] 應力 - 應變之關係

大多數結構材料均屬彈性，此即是假如是載重達於某最大應力值，當將此載重移去時，其會完全恢復原來形狀。其不能適合此情形之某點處，稱為彈性限度 (elastic limit)。一直到彈性限度為止，其中兩種成比例均成立：

1. 已知載重時，其應變與其長度成比例，其形詳如圖 4-1 中之左側繪得之相對圖形。因之，其可作為是一個比值，可以不必作為是量度值。
2. 任何長度之應變比值，與載重成正比，其形詳如圖 4-1 中右側之圖形。對於指定材料而言，其應變為常數，但是當然不同的材料則互不相同。因之，對於同一材料而言，所有之長度情形，同時，載重一直達於其彈性限度為止，其值不變。根據瞭解，結構用材料中之應力不會超過此彈性限度值，故此項比值一般均可接受。其稱為是彈性模數 (modulus of elasticity)，並以 E 代表。

如此得 $E = (\text{應力} / \text{應變}) \text{ N} / \text{mm}^2$ (每平方公厘之牛頓數)。

取如圖所示之試驗 (條件與數值均為假設情形)，其中值得重視的。是假如將比值當作是一個整數，則可視為是 $E = \text{應力} / 1$ ，同時，因為其中之 1 可作為是應變對原來長度之比值，於是， E 值便變成了理論上的應力，同時也兼具有表示長度之意義。也許需要再一次強調， E 值僅在達於彈性限度以內之情形時始成立。

〔3〕 E 值之應用

將可瞭解到， E 乃是在指定載重下，伸長與縮短的量度值，故其可作為是勁性之指示值。例如，樑要等到頂面發生壓縮，底面發生伸長後，始會下垂，或是發生撓度。因之， E 可用於計算撓度之公式中。

彈性模數並不一定就是極限強度之量度值，有些材料具有非常高的 E 值，其在某種載重條件下，可能只有非常低的強度。例如：軟木與高品質混凝土之 E 值分別為 7,000 與 400,000 N/mm²，然而，混凝土之拉力則非常脆弱，而木樑却能承受較相同尺寸之純混凝土樑大出甚多之載重。不過，混凝土樑一直到彈性限度或破壞點為止發生之撓度均小甚多。因之，必須要以兩個不同的公式，分別計算勁性與強度。

彎曲強度與安全纖維應力 (safe fibre stress) f 發生關係，而勁性則與 E 值相關，並且未曾計入安全因素。對其長度而言，深度比較大的構材，所承受之載重達於其安全彎曲量以內時，隨著極外纖維之比較大的伸長與壓縮而來之撓度較小，故可能發生的撓度亦較小。如此，設跨度為 1.5m，滿載時 150 × 75mm 之欄柵雖較 150 × 50mm 之欄柵略強，但是 150 × 50mm 之欄柵的撓度則較大。

牆模板用之 25mm 面板，較之樓版模板中之同一材料，當二者均是支以其安全彎曲承載量之容許間距時，前者之撓度比後者為小。牆用面板承受之載重要大出甚多，須採用較緊密的支承，因之，其厚度對跨度之比值較大，俾提高其勁性。

承受彎曲之欄柵發生破壞之第三種方式是剪力。其上部之諸纖維係承受壓力，推向外方，同時，較低的纖維係承受拉力，被拉向內側。如此沿著中心之中性面便發生了常數值的滑動或剪應力。通常情形中，此情形在尚未達到破壞點之前，其樑已經超過了容許撓度之點，或者是所承受之載重已經超過了彎曲所容許之限度。剪力只可能發生在非常短距離之跨度上，承受重型載重時之比較輕型的木材，此時其尚能符合縮減之彎曲或撓度要求。