

鋼板可否沿厚度方向受力

【 2006-11-27 / 土木及結構技師 陳正平】

【問】：請問在鋼結構設計時可否使鋼板沿厚度方向受力？

【答】：

鋼材之內部之組織是一種相當均勻之材質，相較於鋼筋混凝土及木材等而言，鋼材大致上可視為均質材料。但事實上，鋼板和型鋼一般為經熱軋成型，鋼材內部組織經軋壓後得到很大的改善，這種現象順著軋製方向表現得最明顯，其機械性質最佳，而在橫著軋製方向上則稍差，在沿厚度方向鋼材只要沒有夾渣或層裂(Lamination)現象，其機械性質並無顯著差異；但若有夾渣或層裂現象，雖不致大幅影響鋼板平面內之強度，然而卻會嚴重降低其冷彎、衝擊韌性和抗疲勞性能，因此鋼板事實上已不是完全均質的材料。

當鋼板在沿厚度方向受拉時，例如常用之 H 型鋼圍梁、柱剛性接合情況，由於柱翼板在垂直於板面方向受拉力，再加上梁之上翼板與柱翼板銲接處，會受到梁腹板的高度束制狀態，還有可能因銲接高入熱量，以及銲縫冷卻收縮現象等因素，容易導致柱翼板產生層狀撕裂(Lamellar tearing)現象，故鋼板在厚度方向之機械性質最差。

為了防止鋼材在厚度方向受拉時發生層狀撕裂現象，除在受力時避免垂直於板厚方向受拉外，並且選用適當的接合型式和銲接程序(例如，先銲梁之上、下翼板，再銲梁腹板，可大幅降低束制力量)及銲接品質控管措施。必要時(尤其是柱翼板較厚之型鋼)應選用較高品質之鋼材，例如 CNS SN 系列或 ASTM A992 鋼材。

鋼材之機械性質與厚度有密切之關聯，由拉力試驗所得之機械性質，即降伏強度(f_y)、抗拉強度(f_u)和伸長率等，均隨著鋼材的厚度之增加而降低。鋼材(鋼板和型鋼)的成型過程一般均為熱軋而成，鋼胚在高溫(1200~1300°C)狀態下經軋機軋製成型。鋼胚來回通過軋軋經過受擠壓的過程，即在高溫狀態

下，以高壓多次反復輥軋的過程，不但使鋼胚壓縮到所需的斷面形狀和尺寸，同使亦使其承受鍛錁(壓錁)作用，內部金相亦隨之變化，改變了鋼錠原有的鑄鋼性質。鋼錠中的裂紋、氣孔等缺陷得到錁合，結晶更緻密。反之，若壓縮比減小，即鋼材厚度愈大，則其機械性質愈差。

由以上探討吾人可知鋼材的機械性質隨著厚度之增加而降低之原因。鋼材的層裂現象對於壓縮比較大的薄鋼板一般不會產生，對於壓縮比較小的中、厚鋼板則較易產生層裂現象。尤其是對一般材質的鋼材，由於存在較多的非金屬夾渣(主要是硫化物 MnS、FeS)，若壓縮比小，停軋溫度又過高，軋製時夾渣將延伸為片狀夾於鋼板內，使鋼板產生分層現象。對材質較好的鋼材，雖不易產生大面積分層現象，但局部範圍的分層現象却難以避免，故鋼板沿厚度方向的韌性較差，較有可能產生層狀撕裂。

為了符合高層鋼結構建築和海域平台結構的韌性需求，最近發展出 CNS SN 系列鋼材，其特性概述如下：

(1) 降伏強度上、下限

降伏強度之上、下限的規定可以控制鋼材降伏強度的變異性。鋼材降伏強度的變異性過大時會導致強柱弱梁的設計理念無法落實。

(2) 低降伏比

鋼材之實測降伏強度與實測抗拉強度之比值謂之降伏比，CNS SN 系列鋼材規定降伏比不得大於 0.8，鋼材降伏比較低可使梁、柱接頭的塑性鉸區範圍擴增，這樣除可減少應力集中現象外，亦可增加塑性轉角容量，提升梁柱接頭之延展性及消能容量。

(3) 高衝擊值

衝擊值越高表示產生相同斷裂面所需的能量越高，衝擊值越高就越不容易產生不穩定的裂縫成長（或稱脆性斷裂），因此對銲接瑕疵的容忍度也較高。衝擊值受測試時的溫度及加載速率的影響很大，測試時的溫度越低、加載速率越高

衝擊值就越小。一般情況為達到鋼材具韌性、抗疲勞性，以及阻止裂縫急速延伸的能力，鋼材在試驗溫度下須達 27J(焦耳)(2.8kgf-m)以上。

(4)厚度方向斷面縮率

厚度方向斷面縮率指的是拉伸試片在受力下產生頸縮而斷裂後，斷裂面的斷面積縮率。斷面縮率越高表示鋼材厚度方向的延展性或韌性越高，鋼板在厚度方向之韌性通常小於平行軋延方向或垂直軋延方向，若厚度方向之韌性不足時，亦容易產生銲接層狀撕裂現象。另梁、柱接頭區柱翼板與梁翼板交接處，柱翼板在厚度方向承受由梁塑性鉸區傳遞過來的應力，此應力可能超過梁翼板的降伏強度而進入應變硬化階段，因此，柱翼板在厚度方向承受非常大之拉力；此外，柱構材還要另外承受本身的軸向力以及彎矩。因此柱翼板在與梁翼板的交接處有很嚴重的應力集中現象，其中又以柱翼板厚度方向的應力最大。為調節這種局部區域的應力集中現象並避免導致脆性斷裂或層狀撕裂，柱翼板厚度方向需要具有良好的延展性或韌性。

(5)碳當量

若要使用經濟而方便的銲接方法進行鋼結構的銲接，母材的碳當量必須受到限制，碳當量主要在反應鋼材銲接後的冷裂敏感性，母材碳當量過高容易在銲接後的熱影響區產生組織密緻的麻田散鐵，麻田散鐵會阻擋氫在鋼材內的行動並進而聚集構成裂縫，造成銲接缺陷。此種裂縫一般在銲道溫度下降至氣溫後才被發現，因此稱為冷裂；又這種裂縫肇因於氫的聚集，因此又稱為氫裂。SN 鋼材在 B 級及 C 級均有規定碳當量值或以銲接冷裂敏感指數)替代碳當量值，用以確保鋼材之可銲性。

(6) 磷、硫值

磷、硫含量對鋼材材質影響很大，磷在鋼中有常溫脆性，但磷有增加鋼之耐腐蝕性作用。硫與鐵化合成 FeS，受熱易熔，故會增加鋼之熱脆性。通常結構用鋼材對磷、硫的規定均較嚴格，因此磷、硫的容許含量甚低，對碳當量值的影響因而甚小，因此碳當量的計算公式通常忽略磷及硫。SN 鋼材 B 級及 C 級鋼材對磷硫之含量規定甚為嚴格。

由於 CNS SN400 B / C 及 SN490 B / C 系列鋼材具有以上特性，故其沿厚度方向具有良好的韌性及塑性能力，若接合型式中之桿件須承受厚度方向之反復載重，建議採用 CNS SN 系列鋼材。若承受厚度方向反復載重之板厚超過 40mm 以上，建議採用 CNS SN400 C 及 SN490 C 鋼材，可減少產生層狀撕裂之可能性。

【參考資料】

- 〔1〕、陳正平“鋼結構高樓箱型柱使用 SN 系列鋼材之必要性探討”技師報 460 期，民國 94 年 10 月 1 日。
- 〔2〕、劉聲揚“鋼結構疑難釋義”中國建築工業出版社，西元 2000 年 3 月。
- 〔3〕、內政部營建署“鋼結構建築物鋼結構技術設計規範，“容許應力設計法及鋼結構極限設計法設計規範”。
- 〔4〕、陳正誠、陳正平，中華民國結構工程學會“鋼結構設計手冊容許應力設計法”，民國 92 年 2 月。
- 〔5〕、陳正平“鋼結構細部設計-層狀撕裂之探討”現代營建。