

鋼材衝擊值之意義

【 2006-04-21 / 土木及結構技師 陳正平】

【問】：請問鋼材衝擊值對鋼材之意義為何？

【答】：

鋼材雖具有高強度與甚佳之延展性，但仍無法避免應力集中所產生的疲勞裂縫，及阻止裂縫急速延伸的能力。為確保鋼材之韌性及抗疲勞性，並提高阻止裂縫急速延伸的能力，除從接頭及附加構件之接合細部設計上，須避免產生應力集中現象及降低載重所產生的最大及最小應力的差值(或應力幅 stress range)外，鋼材在工作溫度下之衝擊韌性(charpy V-notch 簡稱 CVN)吸收能量值一般須達 27J (焦耳) (2.8kgf·m)以上，才能有效阻止裂縫的急速延伸。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。

Charpy 衝擊值受測試時的溫度及加載速率 (loading rate) 的影響很大，測試時的溫度越低、加載速率越高，試驗所得之 Charpy 衝擊值越小〔衝擊試驗儀器見圖一(a)所示〕，衝擊試驗之試體為取長度 55mm、高度與寬度各 10mm 之正方形斷面之長條狀標準試體(若由於材料本身因素，無法取得標準試片時，可採用 7.5mmx5mm 或 2.5mm 之小試片)，並於衝擊方向接觸部位之背面中央切削成 V 形或 U 形凹口形試片(開槽尺寸見圖三)，再用標準擊錘以單擺自由落體模式由試體開槽面之背側將試體擊斷，再量測錘球回升之高度來計算衝擊能量 E (J {kgf·m})。計算式如下：

$$E = M(\cos \beta - \cos \alpha) - L = W \cdot r (\cos \beta - \cos \alpha) - L$$

式中， M ：擊錘旋轉軸之力矩(N·m {kgf·m})

W ：擊錘質量之負載(N {kgf})

r ：擊錘旋轉軸中心至重心之距離(m)

α ：擊錘之衝擊角度

β ：擊錘擊斷試片後之揚升角度

L：擊錘擺動中損失之能量(J {kgf · m})

如果擊錘回升到接近原來的高度，代表材料較脆性；如果擊錘高度降低，則代表鋼材吸收了部份能量。其高差即為所吸收的能量〔鋼材衝擊試驗力學模式示意圖見圖二所示〕。衝擊試驗所吸收的能量愈大，則鋼材的韌性愈佳。〔試體試驗前見圖一(b)，試驗後見圖一(c)〕。

選用結構鋼材時，一般應視結構體在使用情況下之最低溫度來決定 Charpy 衝擊試驗的溫度，但是 Charpy 衝擊試驗的加載速率遠高於結構體受力時之加載速率，因此 Charpy 衝擊試驗的溫度可以稍高於使用情況下之最低溫度，以補償加載速率不同所造成的差異。以日本 JIS 標準為例，日本的最低氣溫低於攝氏零度不少，但是日本規範卻規定鋼材 Charpy 衝擊試驗的測試溫度為攝氏零度。國內絕大部分的結構物使用的最低溫度約在攝氏 10 度，因此 Charpy 衝擊試驗的溫度可以採用比攝氏 10 度為高，但是目前中國國家標準（CNS）直接引用日本的規定，並未針對國內的實際情況調整，故偏保守。

一般情況為達到鋼材具較佳之韌性、抗疲勞性，以及阻止裂縫急速延伸的能力，鋼材在試驗溫度為 0°C 情況下之衝擊值，須在 27J(焦耳)(2.8kgf-m)以上。中國國家標準 CNS 13812 G3262 - 2003「建築結構用鋼」之 SN B/C 級鋼材、CNS 2947 G3057「銲接結構用鋼」之 SM B/C 級鋼材、及 CNS 4269 G3099-02「耐候性銲接結構用鋼」之 SM B/C 級鋼材等均具有較嚴格之衝擊韌性規定。



(a) 衝擊試驗儀器

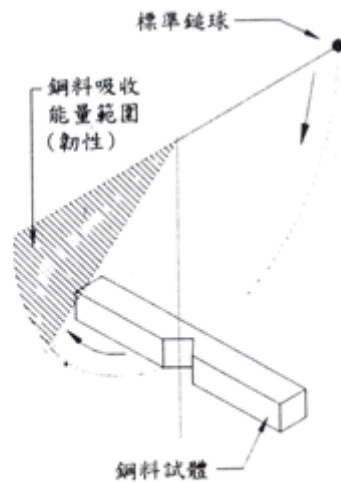


(b) 試體(試驗前)



(c) 試體(試驗後)

圖一 衝擊試驗儀器及試體



圖二 鋼材衝擊試驗力學模式示意圖〔8〕

圖 1 V 形凹口試片

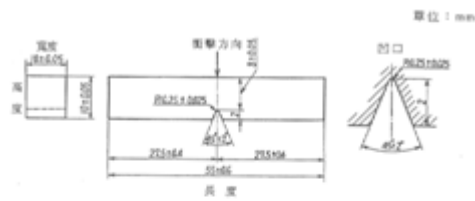


圖 2 a) U 形凹口試片

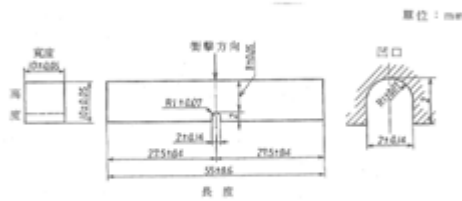
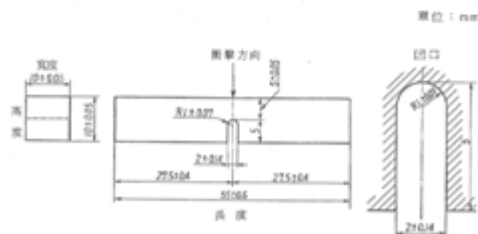


圖 2 b) U 形凹口試片



圖三 衝擊試驗試體

【參考資料】

- [1] 「鋼鐵材料選用手冊」張錫綸，科技圖書股份有限公司。
- [2] 「結構用鋼材之規格與性能手冊」中華民國鋼結構協會。
- [3] 「建築結構用鋼之特性及選用」陳茂松
- [4] “鋼結構設計手冊極限設計法” 陳正誠、陳正平，中華民國結構工程學會，民國 92 年 10 月。
- [5] “鋼結構設計手冊容許應力設計法” 陳正誠、陳正平，中華民國結構工程學會，民國 92 年 2 月。
- [6] 中國國家標準 CNS 13812 G3262 - 2003 「建築結構用鋼」。
- [7] 日本規格協會 JIS G3136 - 1994 「建築結構用鋼」。

〔8〕“鋼結構橋梁之品質檢驗”陳純森，鋼結構會刊，中華民國鋼結構協會。

〔9〕中國國家標準 CNS 3033 G2022「金屬材料衝擊試驗試片」。

〔10〕中國國家標準 CNS 3034 G2023「金屬材料衝擊試驗法」。