

鋼構架梁、柱接頭塑性轉角

【 2005-09-06 / 土木及結構技師 陳正平】

【問】：鋼結構立體韌性剛構架之梁柱接頭應如何設計才能符合塑性轉角需求？

【答】：

『鋼結構設計規範』對立體韌性剛構架之梁柱接頭塑性轉角需求規定以下列方法之一決定之：

- (1) 0.03 弧度。
- (2) 非線性動力分析所得之最大塑性轉角加上 0.005 弧度。
- (3) $\theta_p = 1.1(R - 1.0) \theta_E$

其中 θ_p = 塑性轉角

R = 結構系統韌性容量

θ_E = 在設計地震力 E 作用下之最大層間變位角

由 1994 年元月美國南加州洛杉磯西北方之北嶺地震中，所出現之鋼結構接頭破壞模式，已證實傳統之梁翼板銲接腹板鎖高強度螺栓之抗彎矩接頭，無法可靠地提供所需之塑性轉角。另根據台灣科技大學陳生金教授之實驗資料〔1〕已指出，此種接頭用於箱形柱接 H 型鋼梁之情況所能提供之塑性轉角僅能達到 0.92% 弧度，無法提供足夠之塑性轉角量。

梁柱接頭之塑性鉸若發生於梁柱交界面將會使柱板在接合部之厚度方向承受到極大之應變量，且在銲道及其熱影響區亦會有較大之應變能力需求，但因柱板之厚度方向和銲道及其熱影響區之塑性變形能力均不足，以致容易發生脆性斷裂現象〔2〕，因此現行鋼結構設計規範已不容許採用此種接頭型式，而要求須採用其他改良式接頭，將塑性鉸位置移開梁柱交界面以符合耐震設計規範之要求。

由文獻資料已充分顯示傳統梁柱接頭型式無法提供可靠之耐震能力需求，近年來針對此項缺失所研發出來之改良式接頭型式主要可分為二大類，一為梁端加勁或加強之補強式接頭；另一為在接近梁端之塑鉸區切削減弱之減弱式接頭。補強式接頭最常採用之型式為蓋板補強式接頭(見圖一)，其塑性轉角由文獻資料〔2〕顯示雖勉強可以達到 0.03 弧度之需求，但仍有下列缺點不易獲得改善：

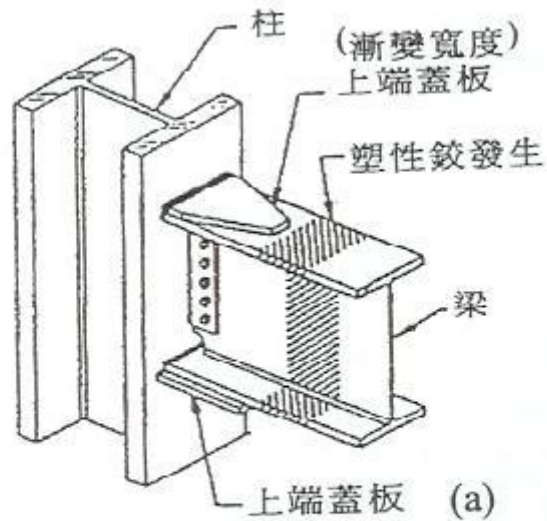
- (1) 蓋板增加梁翼之全滲透銲厚度，大幅增加銲接量及銲接熱影響區之範圍，容易產生脆性斷裂現象。
- (2) 以蓋板增厚後之梁翼板厚度與箱形柱內橫隔板厚度差異過大，而產生應力集中現象及柱板偏心彎矩。

因此最經濟有效之改良式梁柱接頭首推台灣科技大學陳生金教授所研發之漸變斷面(俗稱 dog bone)切削減弱式高韌性梁柱接頭(見圖二)。

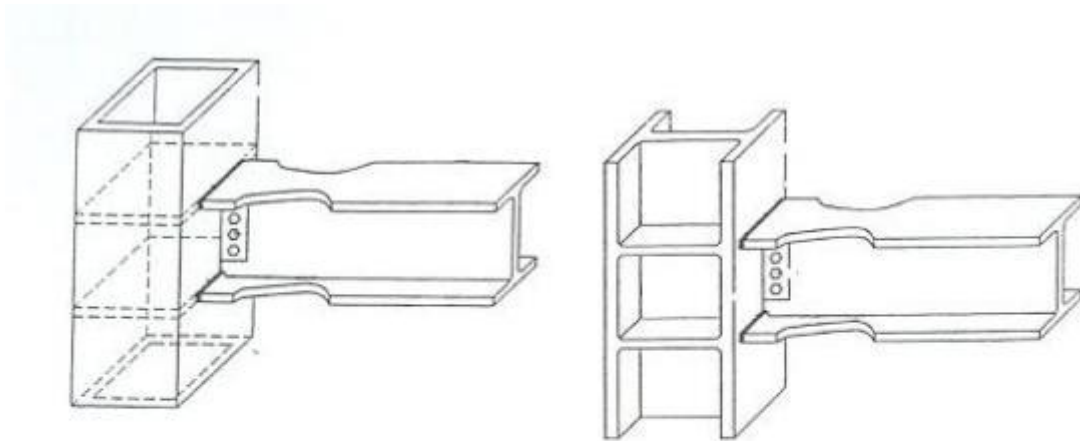
漸變斷面切削式梁柱接頭之耐震原理係令塑鉸產生在離開梁柱交界面之特定區段，並依據彎矩梯度(可視情況忽略垂直載重之影響)之變化來減少該區段梁翼之寬度(依彎矩梯度切削範圍示意圖見圖三)，以使該區段先行降伏而產生塑性區段消散大量能量。

此種接頭型式將塑性區域移離梁柱交界面可避免銲接熱影響區產生脆性破壞，並由實尺寸結構振動台動力試驗證實可提供 4%以上之塑性轉角。切削減弱式高韌性梁柱接頭，其目標區切削後所提供之彎矩強度建議採需求強度之 85~90%，(目前 AISC 規範對減弱式接頭之彎矩強度容許折減至需求強度之 80%)，其切削範圍之細部尺寸(見圖四)可分為 a=切削起點淨距，b=平滑曲線之前轉換區，c=切削目標區(可簡化為直線段，c 值約達梁深之一半即可提供 0.03~0.04 弧度以上之塑性轉角)，d=平滑曲線之後轉換區。切削區之施工方法可於 H 型鋼之組合鋼板於裁切鋼板前以數值控制(NC)機直接裁切，或於梁組立後進行 NC 切斷及開槽導角時採自動切削，亦可利用預製之曲線模具導引切割機自動裁切(見圖五)，切割完成後切割面必須磨平，以避免產生疲勞現象。

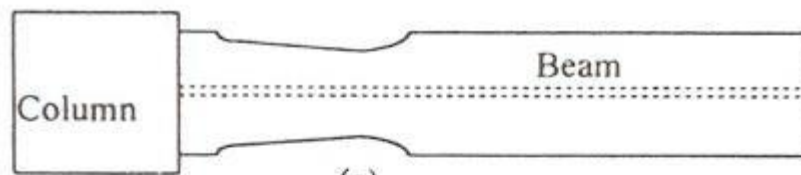
切削式「鋼骨高韌性梁柱接頭」製作簡易造價低廉，消能效果顯著，尤其是不妨礙鋼結構立體韌性剛構架之原有機能，亦可用於提高立體韌性剛構架耐震能力之結構補強，實為解決剛構架韌性問題之最佳方案。惟切削式「鋼骨高韌性梁柱接頭」為行政院國家科學委員會之國際性專利，現委託台科大研發處技術移轉中心代管，使用前應與該中心接洽，以免觸法。



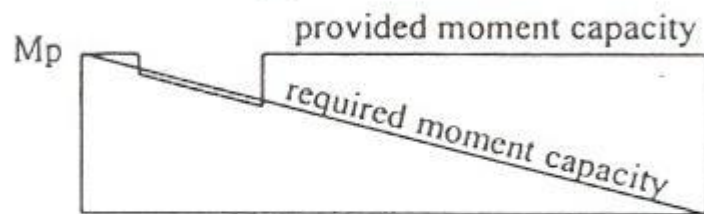
圖一 補強式梁柱接頭示意圖



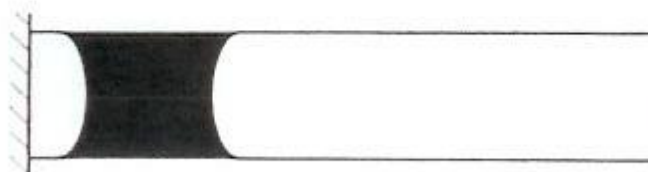
圖二 切削減弱式梁柱接頭示意圖



(a)

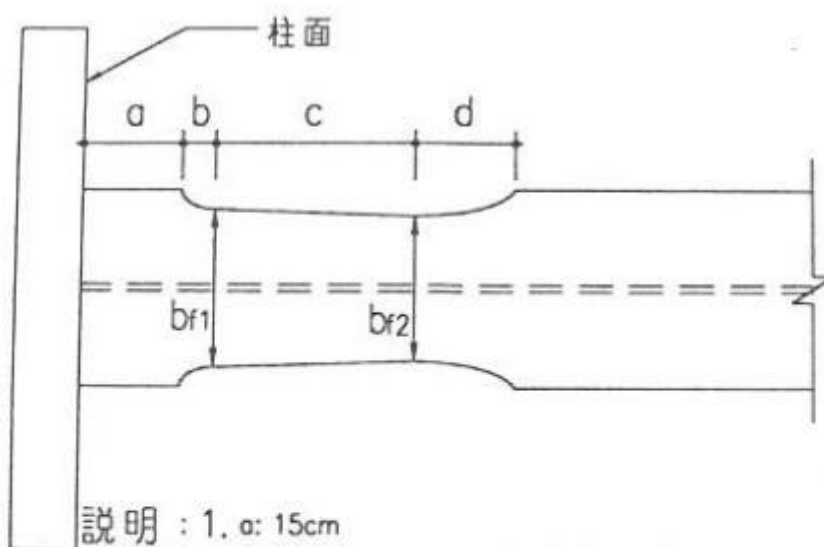


(b) provided and required moment capacity



(c) enlarged plastic zone

圖三 考慮彎矩梯度之切削形狀示意圖



- 說明：1. a: 15cm
 b: 5cm · b 區間為一平滑曲線之前轉換區。
 c: $0.5h \sim 0.8h$ (詳設計圖) · h 為梁深 · c 區間為降伏目標區。
 d: 15cm · d 區間為一平滑曲線之後轉換區。
 br_1, br_2 : 詳設計圖 · (依地震彎矩圖計算 · 按地震彎矩需求折減10~15%)
 2. 切削面之粗糙度應小於 25um · 且不得有任何尖銳之刻痕。

圖四 漸變斷面減弱式梁柱接頭相切削參考尺寸



圖五 翼板切削導引模具照片

【參考文獻】

- 1、陳生金、陳舜田、葉禎輝、周作隆“強裂地震下鋼骨結構梁柱接頭之破壞及高韌性接頭之開發”，結構工程，第十一卷第四期，民國八十五年十二月。
- 2、廖文義“鋼結構建築耐震評估、補強及修復準則之研擬”內政部建築研究所中華民國九十二年十二月。
- 3、陳生金、涂進德“鋼骨抗彎構架梁柱接頭設計與施工探討”鋼結構會刊第七期，中華民國鋼結構協會，民國八十七年元月。