

第三章 實尺寸梁柱接頭試驗

3.1 引言

經由前章的探討顯示，柱斷面型式與梁柱接合方式，影響擴翼式梁柱接頭之耐震能力及接面處之應力分佈；採托梁系統之擴翼式梁柱接頭，已證實擁有良好的耐震行為。本章旨在驗證將擴翼型式運用於H型柱接頭，接合方式採腹板螺栓接合翼板全滲透銲接，是否具有足夠之韌性能力與穩定的耐震行為；藉由實尺寸試體之反覆載重試驗，探討各試體之韌性能力、遲滯迴圈及破壞模式，以瞭解各研究參數對試體行為之影響程度。

3.2 擴翼式接頭之設計參數

擴翼式接頭如圖 3.1 所示，影響梁端擴翼設計之參數有 K_l 、 K_a 與 K_b 。參數 $K_l = b_{wf}/b_f$ ，為擴翼寬度 b_{wf} 與梁翼寬 b_f 之比值，此為降低柱面處應力與提高梁柱接頭韌性能力之指標，擴翼寬度愈大愈能減少柱面處發生破壞的機會，所以建立一適當的擴翼標準為本研究之重點。

參數 $K_a = L_a/b_f$ ，為擴翼長度 L_a 與梁翼寬 b_f 之比值，該段長度會影響塑鉸機制是否遠離柱面發展。由於梁柱接面處為全滲透銲之熱影響區，使得該處易產生母材脆化及存在殘留應力，故受力後會較早進入降伏階段且塑性能力較差；而且此處亦因扇形開孔之幾何形狀不連續之影響，其根部位置有高應力集中現象，因此擴翼段應有足夠的長度以減少塑性區域對柱面處之影響。參數 $K_b = L_b/d_b$ ，為擴翼圓弧段長度 L_b 與梁深 d_b 之比值，此參數為探討圓弧末端之塑性行為發展，圓

弧段長度太短則圓弧較陡峭，易於末端處有應力集中現象。

擴翼式接頭亦可視為圓弧切削式接頭之改良，圓弧切削是在距離梁柱接面適當位置進行梁斷面的減弱，而擴翼型式則是在梁柱接面處增加梁斷面之補強方式。切削式接頭經過多次分析與試驗已訂出可信賴之設計參數範圍；本研究參考 FEMA-350 (2000) 對圓弧切削式接頭參數範圍的建議，設定 K_a 之參數範圍為 0.6 至 0.8 與 K_b 之參數範圍為 0.3 至 0.45，作為實尺寸試體之設計依據，以探討擴翼式梁柱接頭之韌性能力與耐震行為。

3.3 試體規劃與製作

試體規劃

本研究規劃了六組試體，試體規格與設計參數如表 3.1 與 3.2 所示。試體 PN 為傳統型式之梁柱接頭，作為對照組；另外五組試體為擴翼型式接頭，皆以 WF (Widen Flange)命名。試體 WF6-1 取 K_a 為 0.6、 K_b 為 0.3 作為設計，試體 WF6-2 則是以 K_a 為 0.8、 K_b 為 0.45，其擴翼寬度 b_{wf} 分別為 415 與 445 mm，對應之參數 K_l 為 1.38 與 1.48，目的在驗證參數範圍之可信度，藉此瞭解實際試體行為。試體 WF6-3 之 b_{wf} 為 395 mm，參數 K_a 、 K_b 則與試體 WF6-1 相同，目的為比較不同擴翼程度對梁柱接面處之影響；試體 WF7-1、WF7-2 採用較大尺寸的梁，以驗證不同尺寸之試體是否依然具有穩定的耐震行為。

試體製作

所有梁柱接頭試體之梁與柱構件皆採用 A572 Gr. 50 鋼材，材料依拉力試驗所得之實際強度列於表 3.3 (應力-應變關係如圖 3.2 所

示)，各試體之接合細節如圖 3.3 至 3.7 所示。試體 PN 及 WF6 系列之鋼梁斷面為 H588×300×12×20 之熱軋型鋼，其擴翼式短梁段採用與鋼梁同厚之鋼板裁切組合而成，全梁總長為 3030 mm；柱斷面為 H550×550×20×30 之 H 型組合斷面，柱支承間距長度為 3000 mm。試體 WF7 系列則採鋼梁斷面為 H700×300×13×24 之熱軋型鋼，擴翼式短梁亦採與鋼梁斷面對應同厚之鋼板裁切組合而成，全梁總長為 3600 mm；柱斷面為 H550×550×30×40 之 H 型組合斷面。

擴翼式短梁段與鋼梁先於工廠進行組裝，完成之全梁運至現地與柱進行接合，續接處之梁翼採開槽全滲透銲接方式，梁腹板使用連接板以填角銲連接。本研究採傳統型式梁柱接頭之接合方式，即梁翼採全滲透銲接、梁腹與剪力板採螺栓接合，剪力板與梁腹並不施加填角銲。

為模擬現場梁翼-柱面全滲透銲接與銲接的情形，試體梁以水平置放方式銲於垂直之柱面 (照片 3.1)，銲接程序遵循 AWS 之規定。雖然研究顯示 (FEMA-350) 移除梁下翼板之背墊板並施加額外之填角銲，同時移除梁翼全滲透銲之導弧板，如此可減低初始裂縫及銲道始熔不完全等對試體行為不良影響之因素。這些建議對鋼骨構造物於現場施工是困難的，且成本亦增加；所以本研究之試體於梁翼全滲透銲接完成後梁下翼板之背墊板並不移除且保留導弧板，以此方式驗證擴翼補強式接頭能否兼顧施工可行性與經濟。

3.4 試驗裝置與程序

試驗裝置

依據 AISC Seismic Provisions (2005) 對於試驗設置之規定，梁柱

子結構試驗應盡可能地接近實際結構受地震力作用時之實際狀況，且進行子結構試驗應符合以下之規定：

1. 子結構試體至少須包含一根柱，可於單邊或雙邊接梁。
2. 受測子結構試體之反曲點應與真實結構受地震力作用時之反曲點位置相符。
3. 受測子結構試體允許於接近載重作用處或反曲點位置，設置側向支撐以提供試體之側向穩定。除非真實結構採用額外的側向支撐，否則不允許受測試體出現額外側向支撐。

本研究之試體配置如圖 3.8 及照片 3.2 所示。梁柱子結構試體為一懸臂構架，為邊柱接梁之型式；邊界條件乃模擬抗彎構架受地震力作用之情形，故梁取全跨之半而柱取相鄰兩樓層柱高之半，即構架之理論反曲點位置。柱兩端模擬成簡支承，在梁自由端施加側向力。

為量測試體梁、柱及梁柱腹板交會區之變位，各測量儀器之架設位置如圖 3.9 與照片 3.3 所示。於柱上下連續板中央位置裝設兩個測微計 (Dial-Gage)，用以量測柱之旋轉變形；梁柱腹板交會區之對角線上亦裝設兩個測微計 (π -Gage)，以量測交會區之變形。此外，為瞭解試體受力時之局部行為，於梁翼板與腹板適當位置上黏貼單軸向應變計。

試驗程序

油壓致動器以位移控制施加反覆荷載於梁之自由端，位移歷程根據 AISC 所規定 (如圖 3.10)，以層間變位角為設計位移歷程之依據，層間變位角即為梁端變位與梁端至柱中心距離之比值。試體之位移歷

程為層間變位角 0.375%、0.5%與 0.75% 弧度下各加載六個迴圈，1% 弧度加載四個迴圈，而 1.5%、2%、3%及 4% 弧度各加載兩個迴圈，之後每增加 1% 弧度皆加載兩個迴圈，如此進行試驗直至試體破壞或達油壓致動器之行程限制為止。

3.5 試體行為

試體 PN

試體 PN 為未擴翼之傳統型式梁柱接頭。層間變位角 0.375% 至 0.75% 弧度時還處於彈性階段，惟梁翼板全滲透銲道處有橫向斑紋狀石灰剝落產生，於初始狀態下此處有應力集中現象 (照片 3.4)。

由 0.75% 至 1% 弧度時，試體外觀行為並無太大改變，梁翼全滲透銲道處橫向斑紋增加，顯示此處應力逐漸增大。進入 1.5% 弧度後，載重-位移曲線圖 4.1-(a) 開始彎折，試體行為進入塑性階段。梁翼板於扇型開孔處出現放射狀石灰剝落，翼板兩側也有平行於梁寬方向之橫紋石灰剝落產生，此時全滲透銲道處之石灰剝落增加且向外擴張。

層間變位角進入 2% 弧度後，橫向斑紋剝落增多，梁翼板接近柱面之區域呈現大範圍石灰剝落 (照片 3.5)，顯示此處呈現高應力狀態。進入 3% 弧度時，梁下翼板全滲透銲道之一端有開裂產生，隨著載重增加裂縫逐漸加大，並沿著銲道的方向延伸 (照片 3.6)，此時因下翼板的部分撕裂造成載重下降。進入 3% 弧度負方向後，上翼板發生突然性斷裂，此時載重劇降於是終止實驗。試驗結束後觀察上翼板撕裂狀態，發現梁翼板於扇型開孔處產生開裂並向兩側延伸導致整個上翼板斷裂 (照片 3.7)。

試體 WF6-1

試體 WF6-1 於層間變位角 0.375% 弧度時，在梁下翼板全滲透鐸道位置附近，首先觀察到輕微斑紋石灰剝落，表示此處在初始狀態下有應力集中現象。由載重-位移曲線圖 4.2-(a) 可知 0.5% 至 0.75% 弧度時，試體還處於彈性階段，整體行為並無明顯變化。

進入 1% 弧度後，近全滲透鐸道處之梁翼板表面斑紋石灰剝落明顯增多，梁翼板於扇型開孔處出現與梁縱向呈 45 度之斜向斑紋剝落，且有向外延伸的趨勢 (照片 3.8)。層間變位角進入 1.5% 弧度後載重-位移曲線開始彎折，即進入塑性階段。此時梁柱接頭交會區之柱腹板出現橫向及縱向條狀石灰剝落，表示交會區有部分降伏。行程至 2% 弧度時，梁翼於圓弧末端出現平行於梁寬方向之剝落紋路且有逐漸增加的趨勢，顯示此處亦進入降伏狀態 (照片 3.9)。

位移進入 3% 弧度後，石灰剝落明顯且逐漸從圓弧末端往遠離柱面方向擴展，呈現區域性的石灰脫落；梁腹兩端於此處也出現斜向石灰剝落斑紋，顯示降伏範圍從梁翼近入梁腹。行程進入 4% 弧度後，梁翼板上於鐸道處、圓弧末端之石灰脫落顯著，梁腹板斜向石灰剝落斑紋增多且從兩側向梁腹中心延伸 (照片 3.10)。完成 4% 弧度第一迴圈後，梁腹-梁翼鐸道於扇形開孔處有裂縫產生，裂縫沿著梁縱向往上延伸約 5 mm。

反覆加載走至 5% 弧度時，梁翼板石灰於圓弧末端範圍內已大量剝落，顯示梁翼此處已全段降伏，梁腹板於圓弧末端處之石灰呈現大範圍剝落且逐漸向中心延伸靠近，塑鉸機制將在此處形成。試體於 5% 弧度第一迴圈負方向載出現微幅下降，此乃因為梁下翼板發生明

顯局部挫區所致 (照片 3.11)，此時負方向最大載重為-701 kN；試體進入第二迴圈正方向後，上翼板亦發生局部挫屈，此時正方向最大載重為+760 kN。同時在梁上翼板-柱面之全滲透鐸道兩端發現裂縫，裂縫起始於翼板與導弧板之間隙並沿著鐸道向梁翼板中心延伸。其後，位移進入第二迴圈負方向時，梁腹板-上翼板之鐸道於扇形開孔處裂縫長度加大約為 10 mm，並延著鐸道方向緩慢成長。當位移行程完成 5.8% 弧度，梁翼呈現嚴重局部挫屈，梁腹因挫屈而明顯鼓起 (照片 3.12)。最終因為實驗設備之行程限制而終止實驗。

試體 WF6-2

試體 WF6-2 在層間變位角 0.375% 至 0.5% 弧度時，梁翼板末端近柱面處有斑紋狀石灰剝落產生，此時載重-位移曲線圖 4.3-(a) 呈現線性狀態，試體還保持在彈性階段，顯示此處有應力集中現象。進入 0.75% 弧度後，試體無太大變化，梁翼板上石灰剝落也只局限於梁翼末端全滲透鐸道處，剝落紋路向兩側延伸並有逐漸增多擴張之趨勢 (照片 3.13)。完成 1% 弧度後，梁翼板上於扇形開孔處出現斜向斑紋石灰剝落，其方向與梁縱向呈 45 度並向翼板兩端延伸。

位移行程至 1.5% 弧度時，梁翼圓弧末端處出現條紋石灰剝落，由兩端向中心延伸增多，顯示此處開始進入降階段。進入 2% 弧度後，梁翼板上石灰剝落明顯增多且範圍擴大，全滲透鐸道、扇形開孔及圓弧末端位置已密佈著石灰剝落斑紋 (照片 3.14)，由此可知這些區域有著較高的應力分佈，是試體最終可能發生破壞之處。

行程進入 3% 弧度後，梁翼板上的石灰剝落已呈大範圍分佈，顯示降伏狀態已由局部位置擴展至全區域降伏。梁腹板兩側於圓弧末端

處出現些許橫紋狀石灰剝落，此時降伏區域也由梁翼伸入梁腹位置。繼續行程至 4% 弧度後，圓弧末端處石灰剝落已變成大範圍石灰掉落，梁腹板兩側之石灰剝落增多且向腹板中心延伸靠近，顯示塑鉸機制將於此處形成 (照片 3.15)。

反覆加載至 5% 弧度第一迴圈負方向，梁上翼板-腹板之銲道於扇形開孔位置有開裂產生，至第二迴圈正方向下翼板於相同位置亦發生開裂，裂縫沿著銲道方向往上擴張約 5 mm 的長度。完成 5% 弧度後，梁下翼板發生明顯局部挫屈，此時正方向最大載重為+805 kN，負方向為-752 kN，梁腹板大量石灰剝由下翼板圓弧末端處向中心貫穿 (照片 3.16)。試體完成 5.8% 弧度後，下翼板已嚴重挫屈，上翼板並無明顯挫屈產生，此時觀察發現梁柱交會區有些許變形產生 (照片 3.17)，最終因行程限制而終止實驗。

試體 WF6-3



試體 WF6-3 於層間變位角 0.75% 弧度前還在彈性範圍內，柱面之石灰剝落集中於梁翼全滲透銲道處與扇形開孔位置，隨著位移行程增加而逐漸延伸擴大。行程於 1% 弧度時，石灰剝落也出現於圓弧末端，顯示此處開始進入降伏階段。

位移行程增至 1.5% 弧度，試體行為進入塑性階段。圓弧末端之橫紋石灰剝落由翼板兩側向中心延伸，橫紋數量增多且逐漸往遠離柱面方向發展；斜向石灰剝落由扇形開孔處往兩側圓弧段方向，呈現放射狀延伸擴張 (照片 3.18)。

持續加載至 3% 弧度時，圓弧末端處之石灰剝落由梁翼擴至梁腹，梁腹板兩側初現些許石灰剝落斑紋，其發展方向由兩側向梁腹中

心延伸。此時降伏區域由翼板進入腹板，預期塑鉸機制於此處產生。進入 4% 弧度第一迴圈正方向時，上翼板-腹板之鐸道於扇形開孔處產生開裂，裂縫沿著鐸道與母材間向上延伸約 15 mm；梁翼板上呈現區域性石灰脫落，其範圍涵蓋了圓弧段及末端處，此時翼板已是大範圍進入降伏狀態 (照片 3.19)。走完第二迴圈後，上翼板開孔處之鐸道裂縫已達 30 mm (照片 3.20)；梁翼-柱面之全滲透鐸道兩端亦發現裂縫，且並未延伸擴大。

行程至 5% 弧度第一迴圈負方向，下翼板發生局部挫屈，載重-位移曲線顯示此時力量遞減，此時負方向最大載重為-722 kN；進入第二迴圈正方向時，試體發出巨大響聲，載重迅速下降而暫停試驗。觀察試體發現梁下翼板沿著全滲透鐸道處全撕裂破壞 (照片 3.21)，於是更改行程往 5.8% 弧度負方向行進，最終完成 5.8% 弧度負方向後終止實驗，此時下翼板呈現明顯局部挫屈 (照片 3.22)。

試體 WF7-1

試體 WF7-1 於層間變位角 0.375% 及 0.5% 弧度還保持在彈性範圍內，此時試體並無明顯變化，惟在梁翼板近柱面處有斑紋狀石灰剝落產生，顯示初始狀態下此處已有應力集中現象。進入 0.75% 弧度層間變位角後，全滲透鐸道處之斑紋石灰剝落增加並向外延伸，顯示應力正逐漸增加，其它位置並無太大變化。位移行程走至 1% 弧度後，梁翼扇形開孔處出現了放射狀斑紋石灰剝落，梁翼於圓弧末端處也有橫向條紋狀石灰剝落產生。

加載至 1.5% 弧度時，由載重-位移曲線圖 4.5-(a) 可看出試體於此時進入塑性階段，梁上下翼板於圓弧末端處之石灰剝落增加且往遠

離柱面方向擴展；扇形開孔處之石灰剝落也明顯增加，並沿著與梁縱向夾 45 度方向外延伸，顯示應力有逐漸增加的趨勢 (照片 3.23)。進入 2% 弧度後，梁翼板呈現大範圍石灰剝落，同時也擴展至腹板，於梁腹板兩側產生了斜向條紋狀石灰剝落，顯示降伏區域已由梁翼進入梁腹。

行程進入 3% 弧度後，梁腹板石灰剝落增多且從兩側向中心延伸，顯示塑鉸機制將於此處產生 (照片 3.24)。反覆加載至 4% 弧度第一迴圈時，梁翼板圓弧末端範圍石灰大部份均已脫落，下翼板有輕微局部挫屈產生，梁翼-梁腹銲道於扇形開孔處發現有開裂情形；第二迴圈時於上翼板亦產生輕微局部挫屈。觀察扇形開孔根部之裂縫並未繼續擴大，此時正負方向載重最大值為+923 kN 與-900 kN。

位移行程完成 4% 弧度後，梁翼局部挫屈更加明顯，此時梁腹大量石灰剝落從兩側向中心貫穿，顯示此處已發生全斷面降伏，塑鉸機制產生於圓弧末端處。觀察試體發現梁翼全滲透銲道兩端亦有開裂產生，而梁腹與梁翼於扇形開孔根部交接處之裂縫並未繼續延伸，顯示試體藉由翼板局部挫屈而產生消散能量的效果。由於實驗設備之行程限制，最終走完 4.7% 弧度即終止試驗 (照片 3.25)。

試體 WF7-2

層間變位角 0.375% 及 1% 弧度之試體行為與試體 WF7-1 相似，並無明顯差異。行程進入 1.5% 弧度時，載重-位移曲線開始彎曲為非線性段，此時試體進入塑性階段。梁翼全滲透銲道處石灰剝落增加且向外延伸，梁翼板扇形開孔處之石灰剝落亦增加，其方向由翼板中心呈幅射狀延伸 (照片 3.26)。行程進入 2% 弧度後，全滲透銲

道及扇形開孔處石灰剝落更加明顯且範圍擴大，梁翼板圓弧末端橫向條紋狀石灰剝落增多，其範圍由圓弧段往遠離柱面方向擴展（照片 3.27）。梁腹板兩側此時也出現條紋狀石灰剝落，顯示降伏區域已由梁翼板進入梁腹板。

位移行程進入 3% 弧度後，梁翼板呈現大範圍石灰脫落，梁腹板兩側石灰剝落增加並向梁腹中心伸入，由此顯示塑鉸機制將於此處產生（照片 3.28）。反覆加載進入 4% 弧度第一迴圈正方向時，發現梁下翼板-柱面之全滲透鐸道於翼板與導弧板間產生開裂，上翼板-腹板之鐸道於扇形開孔處也有裂縫產生。到了第一迴圈負方向，梁上下翼板鐸道兩端及扇形開孔梁腹-梁翼鐸道處皆出現裂縫；下翼板發生了些微局部挫屈但載重並未下降，翼板石灰已嚴重脫落，顯示試體已呈現大範圍區域進入降伏狀態（照片 3.29）。

進入 4% 弧度第二迴圈正方向，試體發出撕裂聲響同時載重下降，觀察試體發現裂縫沿著鐸道往母材滲入，下翼板約有三分之一已撕裂（照片 3.30），但此時也完成了正方向的行程進入負方向，所以裂縫並未繼續延伸。走完負方向行程後，下翼板挫屈更為明顯，此時正負方向最大載重分別為+930 kN 與負-897 kN。當行程進入 5% 弧度時，梁下翼板由於前一行程已有撕裂，再加上發生局部挫屈的影響，導致裂縫延伸進入扇形開孔處，此時發出巨大聲響載重驟降，下翼板沿著梁寬方向完全撕裂（照片 3.31），於是終止實驗。

表 3.1 試體規格

試體 編號	梁柱尺寸 (mm)	材料 性質	L_a (mm)	L_b (mm)	b_{wf} (mm)
PN			—	—	—
WF6-1	梁 H588×300×12×20 柱 H550×550×20×30	A572 Gr. 50	180	176	415
WF6-2			240	265	445
WF6-3			180	176	395
WF7-1	梁 H700×300×13×24 柱 H550×550×30×40		175	245	415
WF7-2			175	245	395

表 3.2 試體設計參數

Specimen	$M_{p,wf}/M_f$	$K_1(b_{wf}/b_f)$	$K_a(L_a/b_f)$	$K_b(L_b/d_b)$
WF6-1	1.15	1.38	0.6	0.30
WF6-2	1.15	1.48	0.8	0.45
WF6-3	1.10	1.32	0.6	0.30
WF7-1	1.15	1.38	0.58	0.35
WF7-2	1.10	1.32	0.58	0.35

$M_{p,wf}$: 梁柱接面處之設計彎矩

M_f : 梁柱接面處之需求彎矩

表 3.3 試體鋼板拉力試驗強度

試體編號	梁柱尺寸	翼板		腹板	
		F_y (MPa)	F_u (MPa)	F_y (MPa)	F_u (MPa)
PN WF6-1 WF6-2 WF6-3	擴翼式短梁	430	526	407	520
	梁	412	502	451	533
	柱	393	539	390	533
WF7-1	擴翼式短梁	387	519	433	572
	梁	387	507	429	529
	柱	400	574	443	590
WF7-2	擴翼式短梁	387	519	433	572
	梁	387	507	429	529
	柱	385	544	416	588

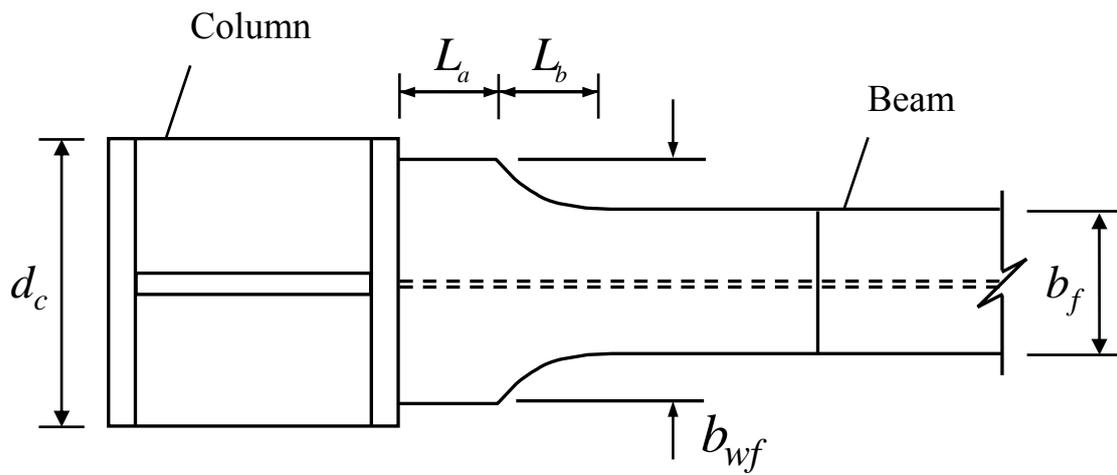


圖 3.1 擴翼式梁柱接頭示意圖

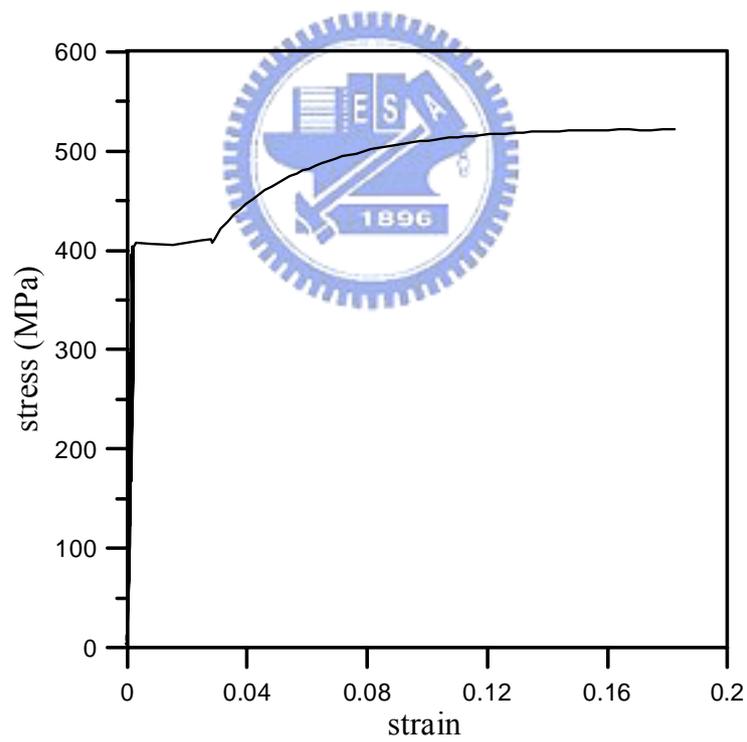


圖 3.2 拉力試驗之應力-應變關係圖

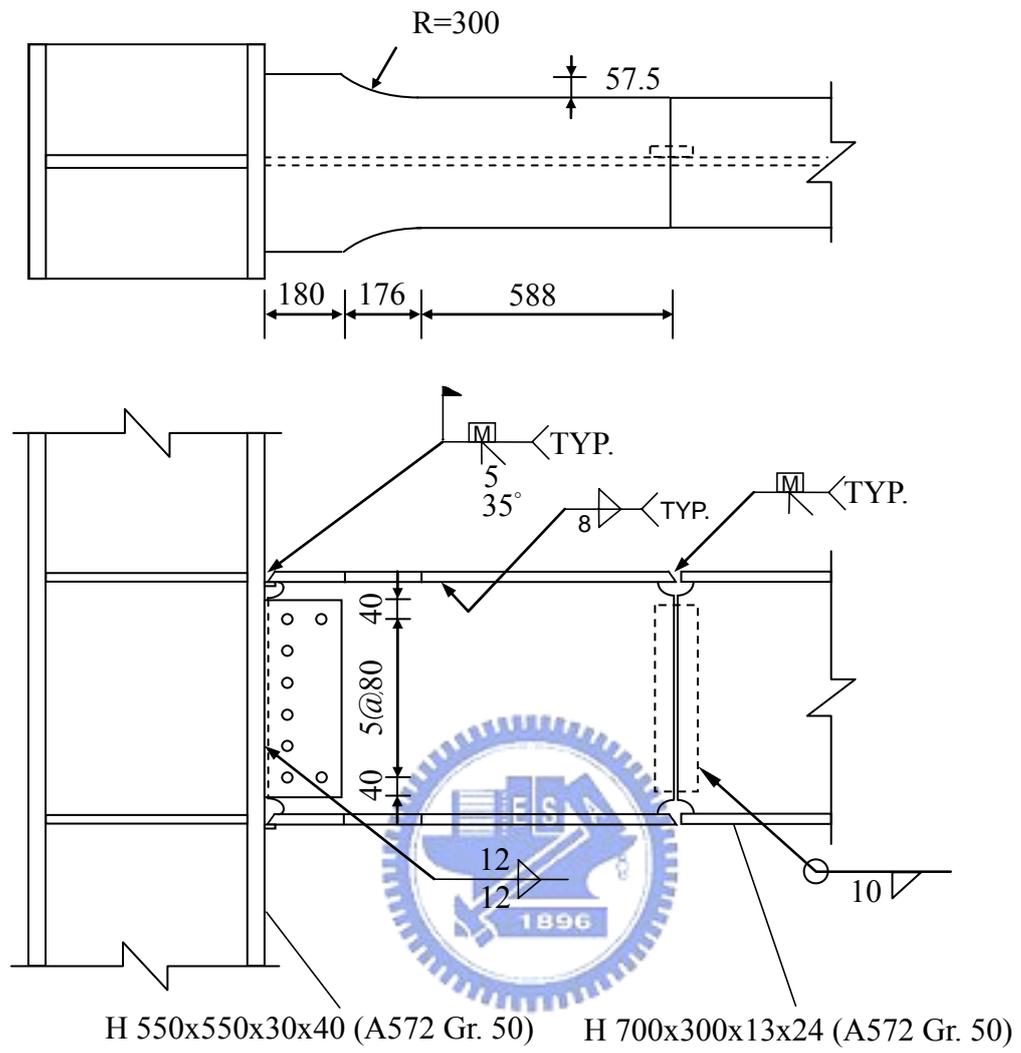


圖 3.3 試體 WF6-1 之接合細節

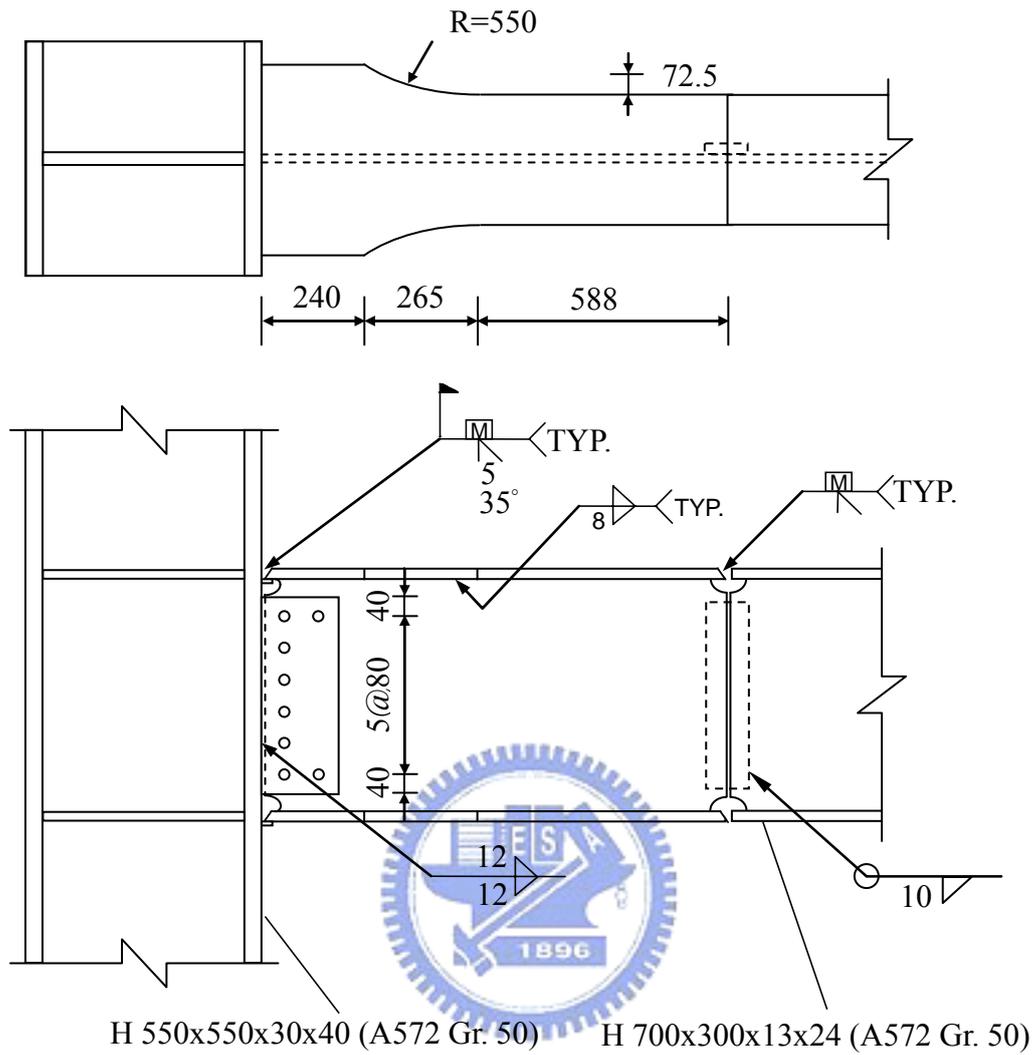


圖 3.4 試體 WF6-2 之接合細節

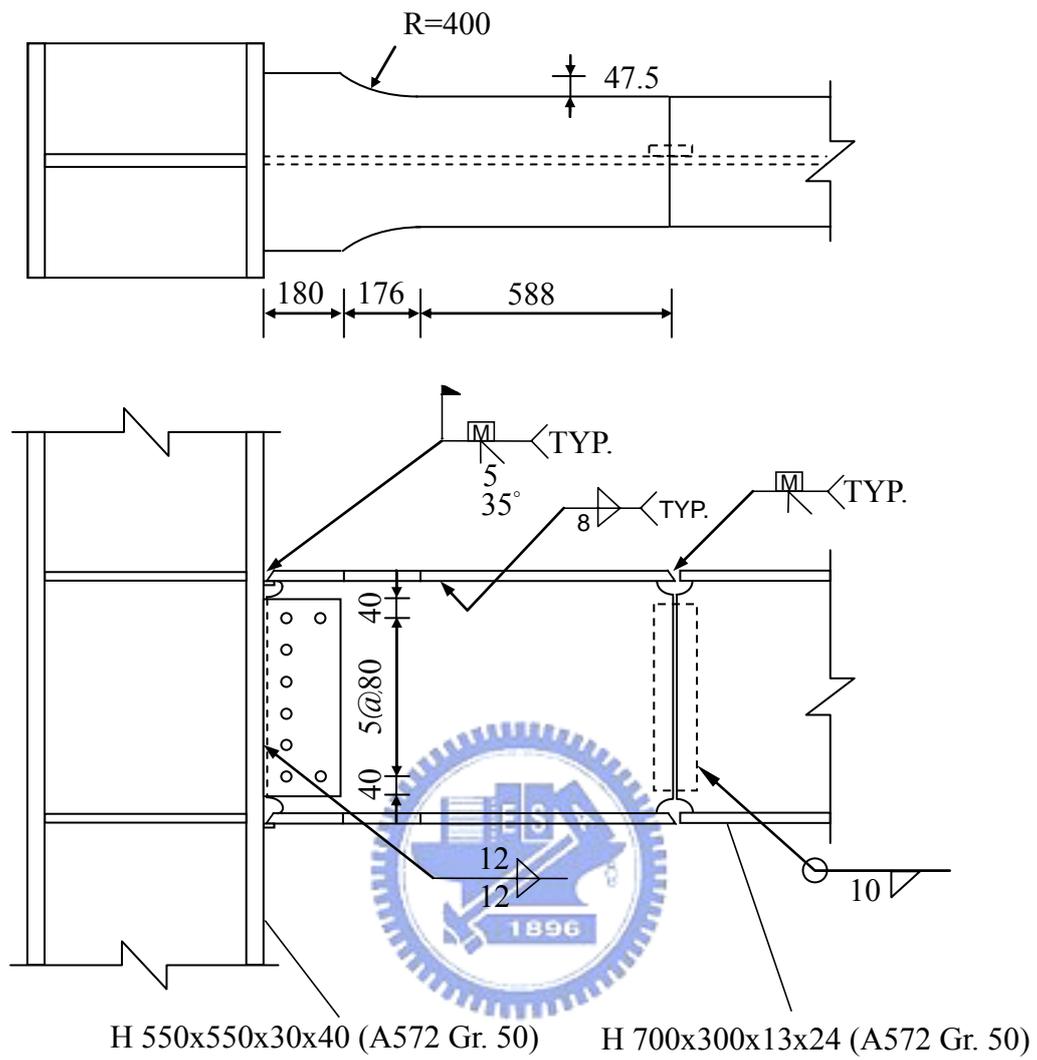


圖 3.5 試體 WF6-3 之接合細節

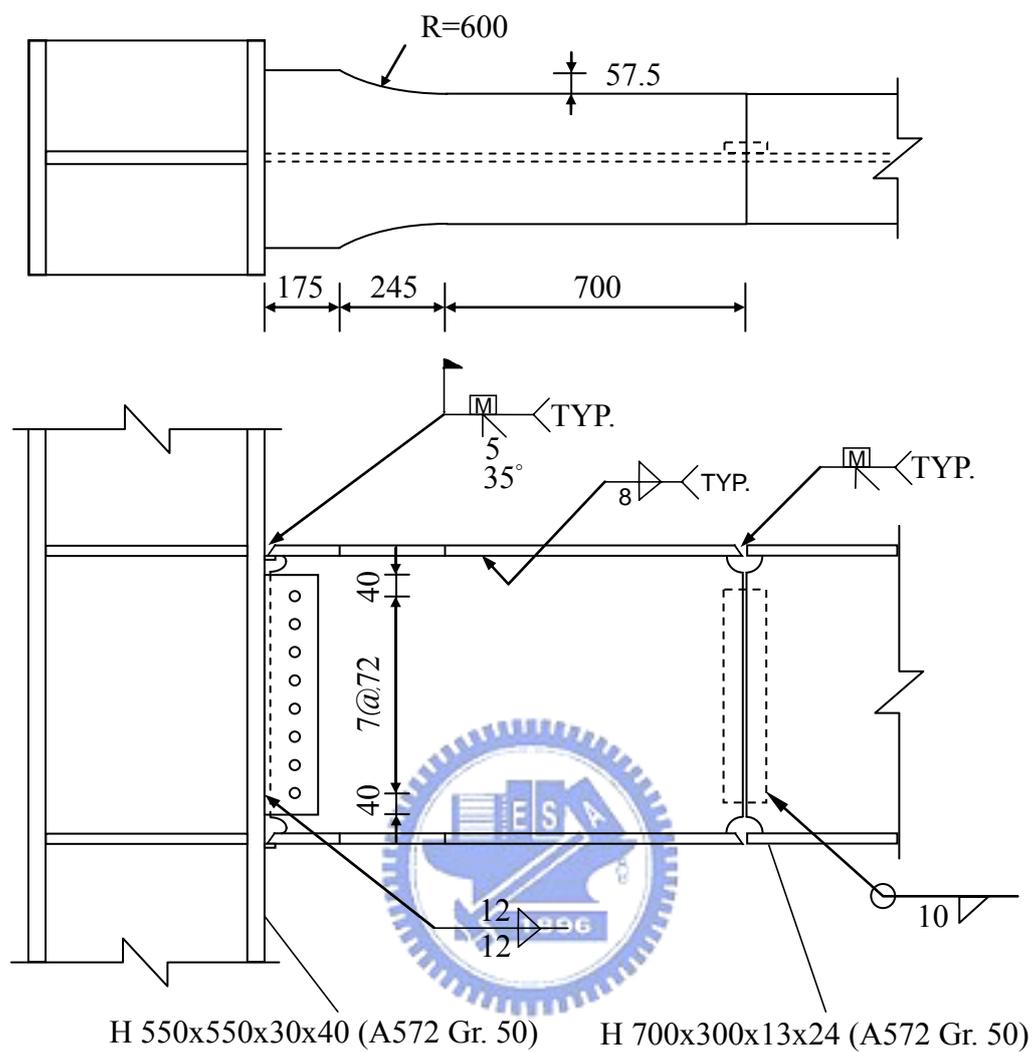


圖 3.6 試體 WF7-1 之接合細節

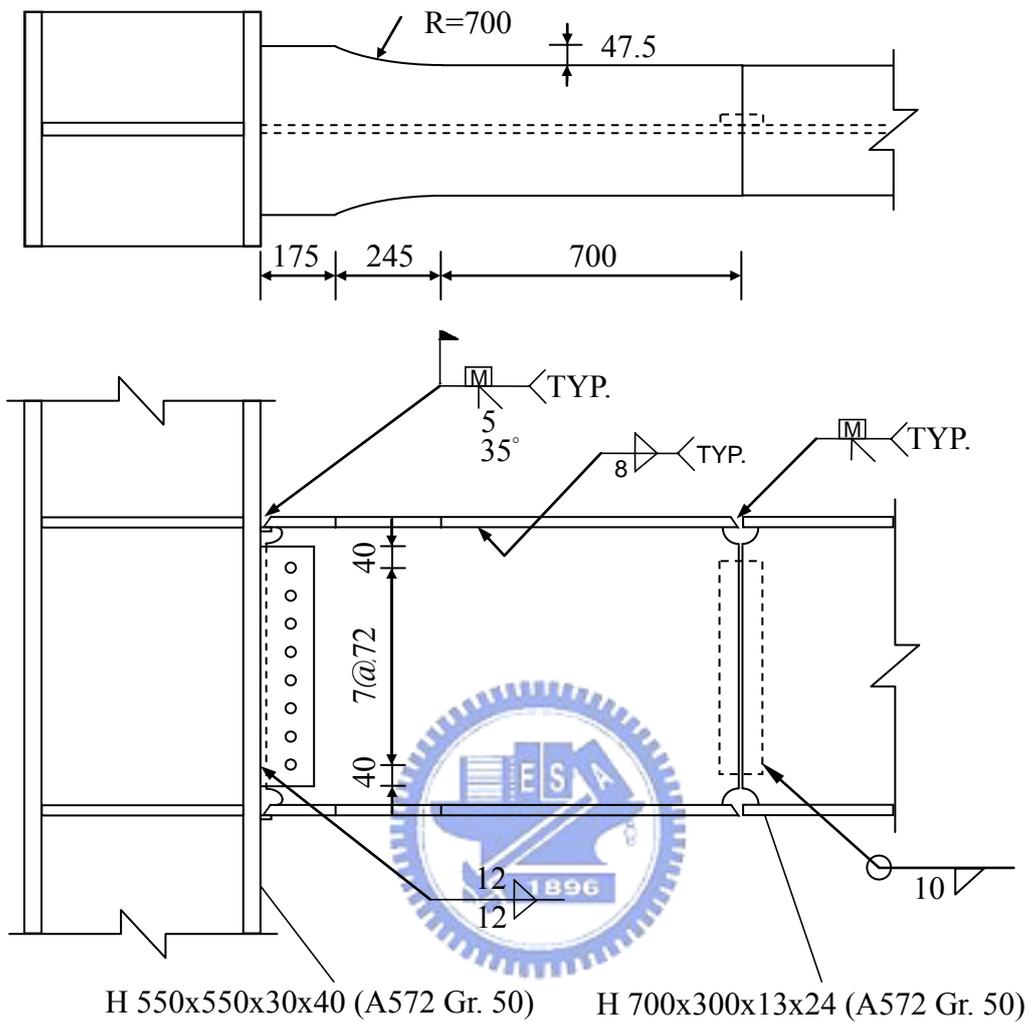


圖 3.7 試體 WF7-2 之接合細節

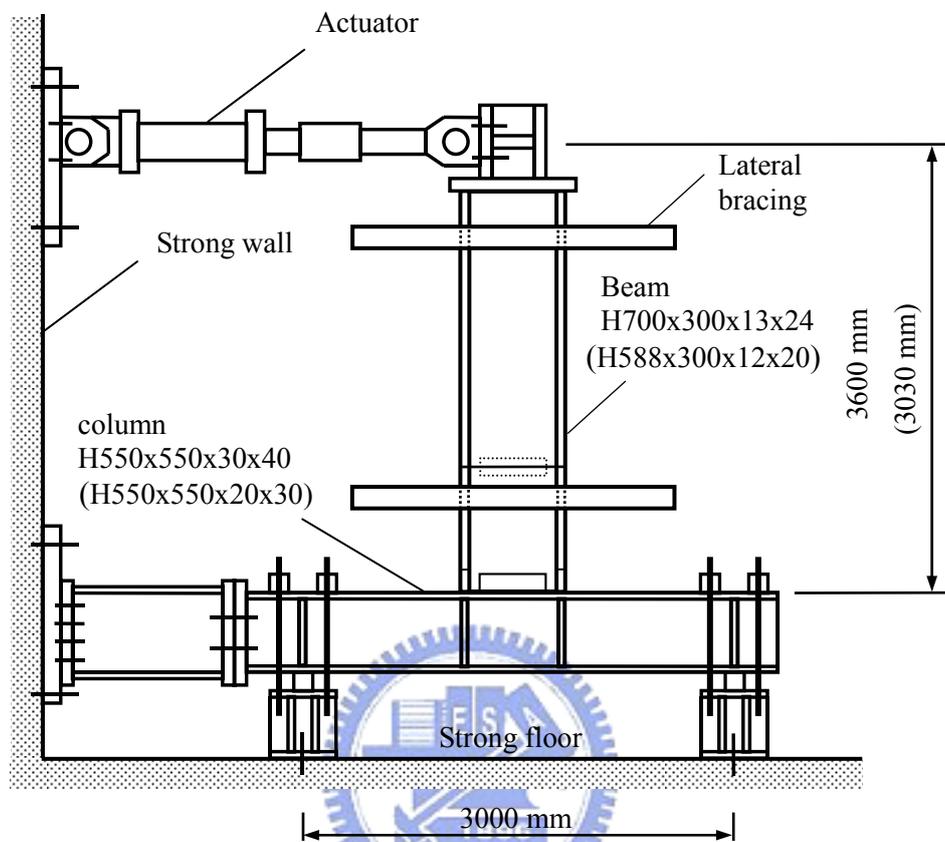
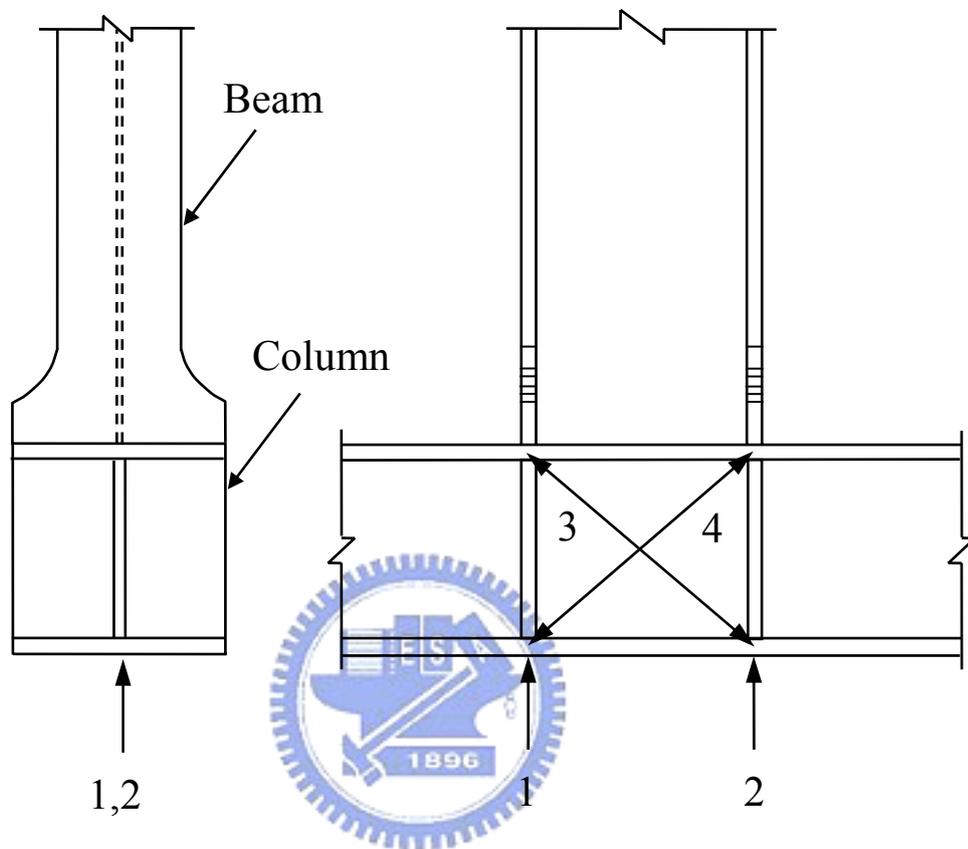


圖 3.8 試驗裝置圖



1,2 : Dial-Gage , 量測柱變形

3,4 : π -Gage , 量測交會區剪力變形

圖 3.9 量測儀器配置圖

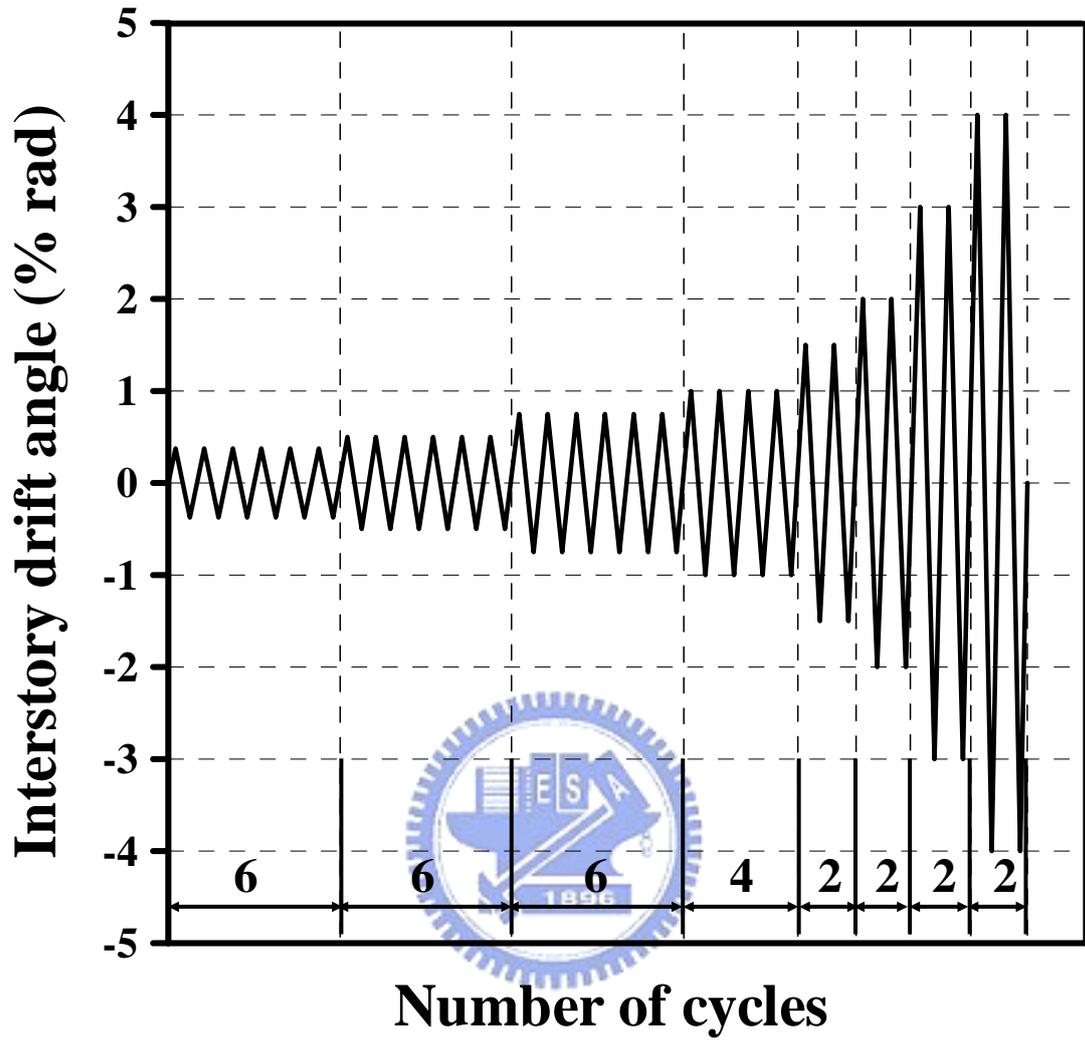


圖 3.10 位移控制歷程圖



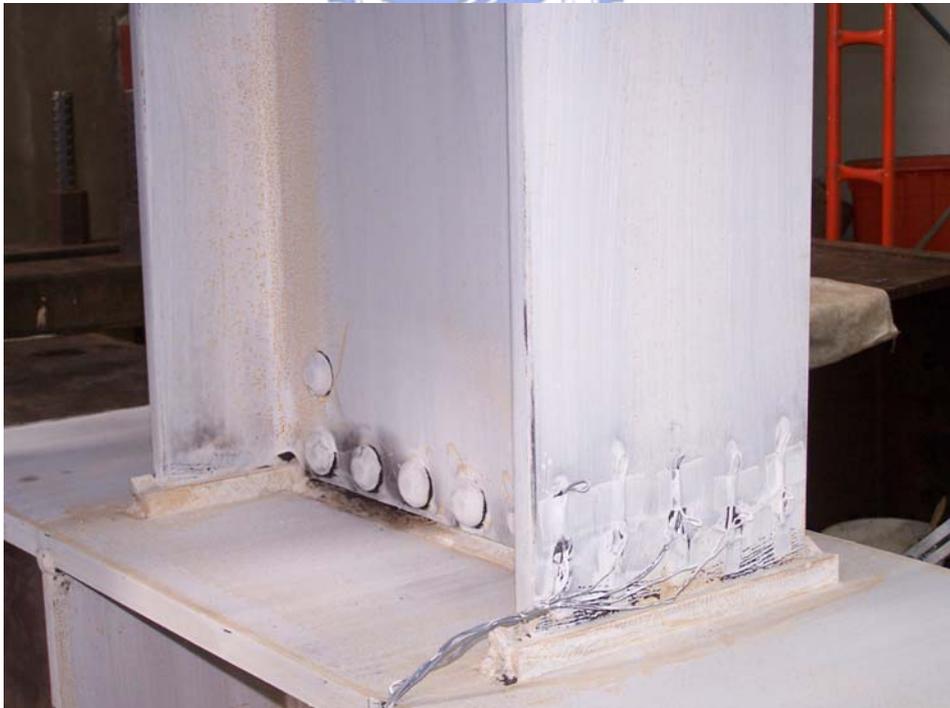
照片 3.1 模擬現地銲接之情形



照片 3.2 實驗設置



照片 3.3 梁柱交會區量測儀器配置情形



照片 3.4 試體 PN 於梁翼末端全滲透鐸道處產生石灰剝落橫紋
(0.75% drift)



照片 3.5 試體 PN 翼板之石灰剝落增多 (2% drift)



照片 3.6 試體 PN 於下翼板全滲透銲道處發生部分開裂 (3% drift)



照片 3.7 試體 PN 上翼板沿寬度方向撕裂 (3% drift)



照片 3.8 試體 WF6-1 於梁翼全滲透銲道處與扇形開孔位置呈現橫向及斜向石灰剝落 (1% drift)



照片 3.9 試體 WF6-1 於梁翼圓弧末端出現橫向斑紋石灰剝落 (2% drift)



照片 3.10 試體 WF6-1 於梁翼上呈現顯著石灰脫落 (3% drift)



照片 3.11 試體 WF6-1 於下翼板發生明顯局部挫屈 (5% drift)



照片 3.12 試體 WF6-1 最終於梁翼與梁腹產生嚴重局部挫屈 (5.8% drift)



照片 3.13 試體 WF6-2 於梁翼全滲透鐸道處之橫紋石灰剝落逐漸增多擴張 (0.75% drift)



照片 3.14 試體 WF6-2 於梁翼板上之全滲透鐸道、扇形開孔與圓弧末端處石灰剝落密佈 (2% drift)



照片 3.15 試體 WF6-2 於梁翼板上之全滲透銲道、扇形開孔與圓弧末端處石灰剝落密佈 (2% drift)



照片 3.16 試體 WF6-2 於梁下翼板發生局部挫屈且梁腹兩側石灰剝落向梁腹中心延伸擴張 (5% drift)



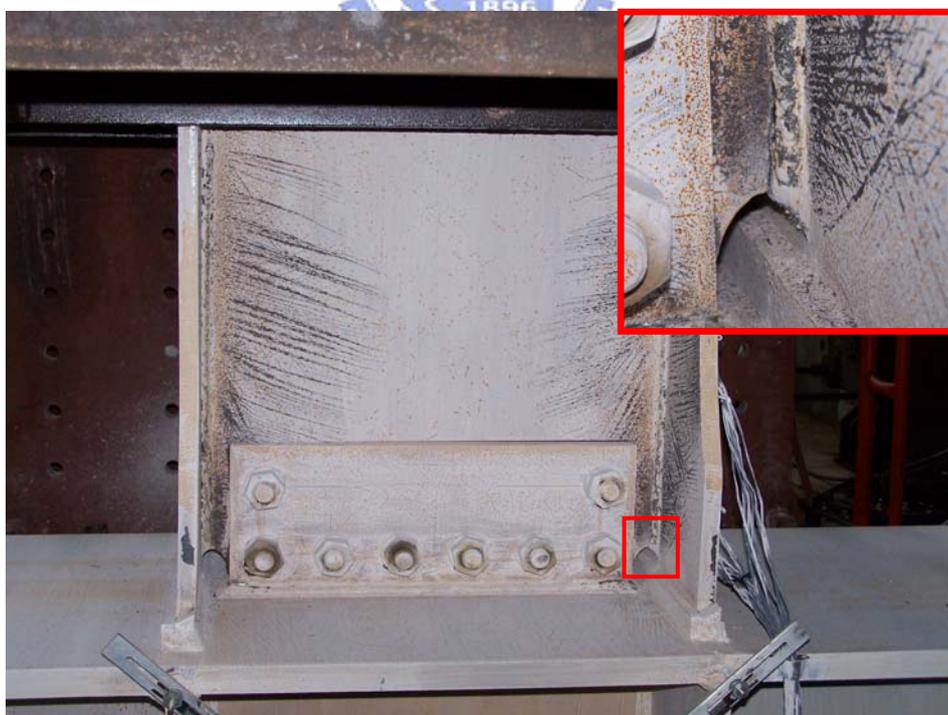
照片 3.17 試體 WF6-2 最終於梁下翼板發生嚴重局部挫屈且梁柱交會區有些許變形產生 (5.8% drift)



照片 3.18 試體 WF6-3 於梁翼板上圓弧末端出現橫向石灰剝落，扇形開孔處斜向剝落斑紋往兩側延伸 (1.5% drift)



照片 3.19 試體 WF6-3 於梁翼板上的石灰大部分皆已脫落
(4% drift)



照片 3.20 試體 WF6-3 於第二迴圈時，上翼板扇形開孔處之銲道裂縫
延伸約 30 mm (4% drift)



照片 3.21 試體 WF6-3 於第二迴圈正方向時，梁下翼板於全滲透銲道處產生撕裂破壞 (5% drift)



照片 3.22 試體 WF6-3 完成負方向行程後，下翼板呈現明顯局部挫屈 (5.8% drift)



照片 3.23 試體 WF7-1 扇形開孔處之石灰剝落沿著與梁縱向夾 45 度方向外延伸 (1.5% drift)



照片 3.24 試體 WF7-1 於梁腹板之石灰剝落增多且從兩側向中心延伸 (3% drift)



照片 3.25 試體 WF7-1 最終呈現局部挫屈，且塑鉸行成於圓弧末端處
(4.7% drift)



照片 3.26 試體 WF7-2 於梁翼全滲透鐸道處石灰剝落增加，扇形開孔處之石灰剝落由翼板中心呈幅射狀延伸 (1.5% drift)



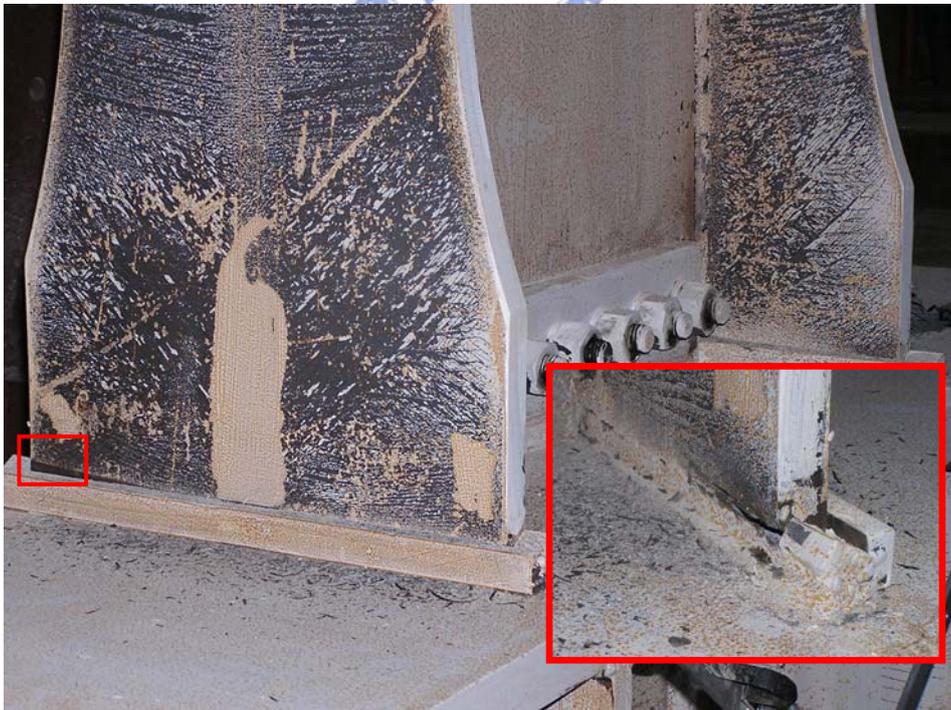
照片 3.27 試體 WF7-2 於梁翼板圓弧末端之橫向條紋狀石灰剝落增多且往遠離柱面方向擴展 (2% drift)



照片 3.28 試體 WF7-2 於梁腹板兩側石灰剝落增加並向梁腹中心伸入，塑鉸將於此處產生 (3% drift)



照片 3.29 試體 WF7-2 於梁翼板上之石灰脫落明顯，試體呈現大範圍區域降伏 (4% drift)



照片 3.30 試體 WF7-2 於第二迴圈時，梁下翼板約有三分之一寬度已撕裂 (4% drift)



照片 3.31 試體 WF7-2 最終因裂縫繼續延伸導致下翼板沿寬度方向撕裂破壞 (4% drift)

