高強度鋼筋機械式續接性能合格標準及驗證研究

成果報告

內政部建築研究所委託研究報告

中華民國 109 年 12 月

(本報告內容及建議，純屬研究小組意見，不代表本機關意見)

PG 10902-0017
10915G0012

高強度鋼筋機械式續接性能合格標準及驗證研究

成果報告

執行單位：國立雲林科技大學

計畫主持人：　李宏仁

協同主持人：　林克強

研 究 助 理：　張子宥

研 究 助 理：　林明志

內政部建築研究所委託研究報告

中華民國 109 年 12 月

(本報告內容及建議，純屬研究小組意見，不代表本機關意見)

目次

目次 I
表次 III
圖次 V
摘要 VII
第一章 緒論 1
第一節 研究緣起與背景 1
壹、研究緣起 1
貳、研究背景 2
第二節 文獻回顧 7
壹、台灣混凝土學會 TCI，高強度鋼筋續接器性能規範 7
貳、日本鋼筋續接指針 8
參、美國鋼筋續接器性能規範 9
第三節 研究方法及進度說明 12
壹、 文獻之蒐集與整理 12
貳、 鋼筋機械續接組件試驗 12
參、 座談檢討及報告之撰寫 13
第四節 研究目的 14
第二章 高強度鋼筋機械式續接器性能研究 27
第一節 研究採用之方法 27
第二節 採用研究方法之主因 29
第三章 SD550W 鋼筋續接組件試驗結果分析 43
第一節 試驗計劃 43
第二節 試驗結果與討論 44
壹、擴頭滾牙鋼筋續接組件 44
貳、摩擦銲接鋼筋續接組件 44
參、螺紋節鋼筋續接組件 44
肆、螺紋節鋼筋砂漿充填式續接套管 45
第四章 SD 690 鋼筋組件試驗結果分析 51
第一節 試驗計劃 51
第二節 試驗結果與討論 51
壹、螺紋節鋼筋續接組件 51

貳、螺紋節鋼筋砂漿充填式續接套管 52
第五章 結論與建議.....59
第一節 結論.....59
第二節 建議.....61
附錄一 SD550W 續接組件試驗.....69
A.1 SD550W 擴頭滾牙續接組件試驗.....71
A.2 SD550W 摩擦銲接續接組件試驗(#11).....85
A.3 SD550W 摩擦銲接續接組件試驗(#11).....97
A.4 SD550W 螺紋節鋼筋續接組件試驗(日本製#12).....109
A.5 SD550W 螺紋節鋼筋續接組件試驗(日本製#13).....131
A.6 SD550W 螺紋節鋼筋續接組件試驗(#11).....153
A.7 SD550W 砂漿充填式續接套管試驗(日本製#13).....169
附錄二 SD690 續接組件試驗.....191
B.1 SD690 螺紋節鋼筋續接組件試驗(日本製#12).....193
B.2 SD690 螺紋節鋼筋續接組件試驗(日本製#13).....215
B.3 SD690 螺紋節鋼筋續接組件試驗(#10).....237
B.4 SD690 螺紋節鋼筋續接組件試驗(#10).....251
B.5 SD690 砂漿充填式續接套管試驗(日本製#13).....263
B.6 SD690 砂漿充填式續接套管試驗(#10).....285
B.7 SD690 砂漿充填式續接套管試驗(#10).....299
附錄三 期初評選會議紀錄及簽到表.....313
附錄四 第一次工作會議會議紀錄.....317
附錄五 第一次專家座談會會議紀錄.....319
附錄六 期中審查會議紀錄.....327
附錄七 期末審查會議紀錄.....333
附錄八 109 年度「高強度鋼筋機械式續接性能合格標準及驗證研究」成果說明會.....339
附錄九 混凝土結構設計規範修正案.....349
附錄十 工程會施工綱要規範.....369
參考書目.....397

表次

表 1- 1 鋼筋機械式續接試驗性能合格標準〔適用 490 MPa 等級下〕 15
表 1- 2 TCI 高強度鋼筋續接器續接性能規範(2014)之合格標準 16
表 1- 3 日本鋼筋續接性能分級對應母材鋼筋機械性質 17
表 1- 4 美國加州交通部標準規範鋼筋機械續接滑動試驗要求 18
表 1- 5 ICC-ES AC133 第二類機械式續接性能合格標準.....18
表 1- 6 反復拉壓試驗程序.....18
表 1- 7 研究進度及預期完成之工作項目 19
表 2- 1 鋼筋機械續接組件性能分級.....33
表 2- 2 SA 級機械式續接塑性域的負載程序(草案).....33
表 2- 3 不同等級鋼筋模擬 2 號梁斷面.....33
表 2- 4 不同分析假設反算之鋼筋應變塑性率 34
表 2- 5 不同層間變位下試體之鋼筋應變 34
表 2- 6 420 與 550 等級母材鋼筋應變比較 34
表 3- 1 550 MPa 等級鋼筋機械續接試驗一覽表 47
表 4- 1 550 MPa 等級鋼筋機械續接試驗一覽表 54
表 5- 1 新版混凝土結構設計規範修正版 26.6.5 節鋼筋機械式續接試驗合格標準
.....65

圖次

圖 1- 1 我國鋼筋續接器規範之演進.....20
圖 1- 2 鋼筋機械式續接試驗裝置 20
圖 1- 3 高塑性反復負載試驗程序 21
圖 1- 4 日規單方向拉伸和滑動量試驗.....22
圖 1- 5 日規高拉力重複載重試驗 22
圖 1- 6 日規彈性域反復載重試驗 22
圖 1- 7 日規塑性域反復載重試驗 23
圖 1- 8 California Test 670 之滑動試驗及重複負載試驗.....23
圖 1- 9 ICC-ES AC133 反復拉壓試驗佈置照片 24
圖 1- 10 載重和被續接鋼筋應變之關係圖 24
圖 1- 11 載重和跨越續接器之伸長量關係圖 25
圖 1- 12 研究步驟 26
圖 2- 1 國內常見的續接器或續接套管.....35
圖 2- 2 大尺寸鋼筋混凝土懸臂梁試體斷面配筋 35
圖 2- 3 鋼筋拉伸和二號梁試驗結果.....36
圖 2- 4 二號梁試驗結果與斷面分析結果之比較 36
圖 2- 5 二號梁試體主筋應變歷時圖.....37
圖 2- 6 鋼筋混凝土梁試體斷面配筋.....38
圖 2- 7 鋼筋應力應變曲線圖 38
圖 2- 8 梁試體載重-層間變位角遲滯迴圈.....39
圖 2- 9 梁 SBH60 側力變形包絡線程式與試驗比較圖 39
圖 2- 10 梁 SBH100 側力變形包絡線程式與試驗比較圖 40
圖 2- 11 梁 SBL100 側力變形包絡線程式與試驗比較圖.....40
圖 2- 12 梁 SBM100 側力變形包絡線程式與試驗比較圖 41
圖 2- 13 鋼筋母材反復應力應變曲線之比較 41
圖 3- 1 550 MPa 鋼筋續接組件高塑性反復負載試驗程序 47
圖 3- 2 鋼筋續接組件歪斜示意圖 48
圖 3- 3 550 MPa 金屬類續接組件同軸度與滑動量比較圖 48
圖 3- 4 550 MPa 填充類續接組件同軸度與滑動量比較圖 49
圖 3- 5 550 MPa 續接組件同軸度與差異滑動量比較圖 49
圖 3- 6 550 MPa 等級#13 螺紋節鋼筋續接器試驗曲線 50
圖 3- 7 550 MPa 等級#13 螺紋節鋼筋砂漿填充續接套管試驗曲線.....50
圖 4- 1 550 MPa 鋼筋續接組件高塑性反復負載試驗程序 55
圖 4- 2 690 MPa 續接組件同軸度與滑動量比較圖 55
圖 4- 3 550 MPa 續接組件同軸度與差異滑動量比較圖 56
圖 4- 4 690 MPa 等級#13 螺紋節鋼筋續接器試驗曲線 56

圖 4- 5 690 MPa 等級#13 螺紋節鋼筋砂漿填充續接套管試驗曲線.....57
圖 5- 1 現場組立及預組工法 SA 級續接器使用位置.....66
圖 5- 2 現場組立及預組工法 A 級續接器使用位置.....66
圖 5- 3 現場組立及預組工法 B 級續接器使用位置.....67
圖 5- 4 預鑄工法 SA 級續接器使用位置.....67
圖 5- 5 預鑄工法 A 級續接器使用位置.....68

摘要

關鍵詞：鋼筋、機械式續接、續接器、續接套管、驗收測試

一、研究緣起

目前我國部頒版「混凝土結構設計規範」[1]內容主要是參考美國混凝土學會 ACI 318-05 規範[2]，其中耐震梁柱構架及剪力牆主筋降伏強度等級上限為 420 MPa。近 15 年來 ACI 318 規範經過共 4 次修訂[3-6]，內容及架構已大幅變革，其中最大的變革是 ACI 318-19 規範[6]放寬耐震梁柱構架及剪力牆主要鋼筋可使用高強度 550 MPa 和 690 MPa 等級鋼筋。結構使用高強度鋼筋可以降低鋼筋用量，較經濟且有助於舒緩梁柱接頭或剪力牆鋼筋過於擁擠、難以施工的問題。我國國家標準 CNS 560[7]鋼筋規格 2018 年新增 550 MPa 和 690 MPa 等級鋼筋，國內亦有鋼廠能生產，各界期盼我國混凝土結構規範跟進 ACI 318-19 規範[6]允許耐震結構使用高強度鋼筋。

為期使我國規範能與時俱進，內政部建研所陸續於 105 及 106 年辦理「混凝土結構技術規範之修正研擬」[8]和「建築工程鋼筋機械式續接性能基準及驗證研究」[9]計畫，完成「新版混凝土結構設計規範草案」，惟草案內容係以 ACI 318-14 規範[5]為藍本，中國土木水利工程學會混凝土委員會於審議期間參考 ACI 318-19 規範[6]更新部分內容，規範修正版允許耐震結構系統縱向鋼筋使用 550 MPa 等級，橫向鋼筋最高可達 690 MPa 等級。國人房屋住宅多數為鋼筋混凝土造，近年來都會區建築物有趨向高樓化，需要使用較大號徑或較高強度鋼筋，因此鋼筋使用機械式續接較美國更為普遍。因應修正版擬允許使用 550 和 690 MPa 等級鋼筋，本研究建議修正鋼筋機械式續皆部分試驗程序和合格標準，經實驗證明修正版後可適用於所有等級鋼筋，可望納入「新版混凝土結構設計規範」第 26.6.5 節，讓業界有所依循。

二、研究方法及過程

本研究內容包含資料蒐集、鋼筋機械續接組件測試、構件耐震試驗數值分析、專家座談意見蒐集以及規範增修條文之研擬。研究步驟如下：

1. 蒐集調查美國、日本和歐盟鋼筋機械續接之規範和論文報告作為參考資料。
2. 測試日本及台灣工廠製造的高強度鋼筋續接組件，試驗參數為鋼筋等級、號徑、續接器樣式和試驗程序等。
3. 以數值模型模擬構材抵抗地震力時鋼筋可能降伏處使用機械式續接之耐震需求，比對實驗數據檢討續接器單體試驗程序。
4. 彙整測試結果，比對國內外既有試驗資料和日本 New RC 經驗，就混凝土設計規範修正案架構下，研擬高強度鋼筋機械式續接性能合格標準和適用時機，包含預鑄構造之特別規定。

三、重要發現

比對美日歐等國之鋼筋機械續接規範，109 年度審議中的〔**混凝土結構設計規範修正版**〕第 26.6.5 節雖已規定鋼筋機械式續接之檢驗頻率及合格標準，包含性能判別、施工檢查、取樣頻率、試驗程序及合格標準，可以讓業界有所依循，惟其中表 26.6.5.2 的高塑性反復負載試驗程序，先在彈性域($0.95P_y \leftrightarrow -0.5P_y$)間重複 16 回，再拉伸至 6 倍$\delta_y$後再反向加壓至$-0.50P_y$重複 8 回，接著續再拉伸至 12 倍$\delta_y$再重複 8 回，累計 32 回，最後再拉伸至破壞。上述彈性域重覆負載考慮的是較常遭遇的小震，結構物維持在彈性階段，6 倍δ_y約略是考慮在中震時構材已經產生塑性鉸，該位置鋼筋可能需要的塑性伸長率，最後 12 倍δ_y則約莫在最大考量地震時構材塑性鉸需要的塑性伸長率。

對於 550 MPa 或更高強度等級鋼筋續接，6 倍δ_y及 12 倍δ_y各 8 回有過於嚴苛之情形，需要檢討調整[9]。根據本研究檢討梁塑性鉸彎矩

曲率分析結果顯示，當鋼筋強度等級提高至 550 MPa 等級時，高塑性反復負載試驗程序約莫調降為 5 倍δ_y及 10 倍δ_y各 8 回，鋼筋強度等級 690 MPa 時，高塑性反復負載試驗約為 4 倍δ_y及 8 倍δ_y各 8 回。但需要更多的測試驗證，特別是針對台灣製造的產品。

本研究按 CNS 15560 試驗法及自訂的試驗程序，執行 100 餘組高塑性反復負載試驗，測試涵蓋場鑄和預組、預鑄工法可能使用的續接器樣式，包含擴頭滾牙續接器、摩擦銲接續接器、砂漿填充式螺紋節鋼筋續接器、砂漿充填式續接套管等。藉由續接組件試驗檢討高塑性反復負載試驗程序及其允收標準，根據試驗數據，建議如后。

四、主要建議事項

本研究進行高強度鋼筋機械式續接性能合格標準及驗證研究，提出下列具體建議。

建議一

於〔混凝土結構設計規範修正版〕第 18 章及 26 章修正鋼筋續接器試驗程序及性能合格要求：立即可行建議

主辦機關：內政部建築研究所

協辦機關：中國土木水利工程學會

新版〔**混凝土結構設計規範修正版**〕第 18.2.7 節及 26.6.5 節僅將機械式續接分為第一類和第二類，鋼筋機械式續接試驗合格標準如表 26.6.5.2 所列，適用f_y不超過 5,000 kgf/cm^2 [490 MPa]之鋼筋，且高強度鋼筋第二類續接使用位置受限。

首先，本研究建議放寬上述f_y適用範圍至 7,000 kgf/cm^2 [690 MPa]，配套修正機械式續接試驗程序和表 26.6.5.2 之合格標準，新增第三類(SA 級)機械式續接要求為韌性接合，可用於地震時鋼筋可能降伏並承受多次反復非彈性應變之位置。

其次，修正表 26.6.5.2 高塑性反復負載試驗加載程序，迴圈數維持不變，但塑性倍率建議為 n 倍δ_y及 2n倍δ_y各 8 回，對於 f_y≤4,200 kgf/cm^2 [420 MPa]之鋼筋，塑性倍率 n=6；f_y=5,600 kgf/cm^2 [550 MPa]之鋼筋，塑性倍率 n=5；f_y=7,000 kgf/cm^2 [690 MPa]之鋼筋，塑性倍率 n=4。

此外，因應鋼筋趨向於大號徑和長套管續接，續接組件試樣可能會有同軸度不佳的情況，高塑性反復負載試驗時第 1 回會有矯直行為導致殘餘滑動量異常超標現象，然此現象與機械式續接最終之韌性表現無顯著關連，為簡化試驗收件和避免不必要之重驗程序，經蒐集各方意見和檢討數據，最後本研究建議高塑性反復負載試驗彈性域 16 回殘餘滑動量評估法，調整為第 16 回對第 1 回之差異滑動量(相對滑動量)，以免因試驗續接組件同軸度不佳導致拒收或誤判續接性能等級。

建議二

舉辦鋼筋機械續接施工品管檢驗相關研究課題之成果發表會：立即可行建議

主辦機關：內政部建築研究所

協辦機關：國立雲林科技大學

近年來鋼筋機械式續接技術大有進步，因應高強度鋼筋需求及預組預鑄工法也有各種等級樣式之續接器可供選擇，本研究已於 109 年 11 月 13 日於內政部建築研究所 15 樓舉辦成果說明會。本次說明會將介紹我國混凝土設計規範之變革，著重於開放高強度鋼筋之使用所帶來之改變，本案藉由進行多組高強度鋼筋機械式續接器觀察試驗數據後，訂定新版高強度鋼筋機械式續接合格標準，並針對其設計、施工、檢驗進行說明，且一併對於鋼筋續接擴頭錨定之相關進行解說，期望

各界設計及施工單位對於新版混凝土結構規範中高強度鋼筋機械式續接器及鋼筋續接擴頭錨定各項細節充分瞭解。

建議三

修正工程會施工綱要規範 03210 章鋼筋第 2.2 節機械式續接：立即可行建議

主辦機關：公共工程委員會

協辦機關：台灣營建營建院

工程會施工綱要規範 03210 章最新版 V5.0[10]雖然已經跟 CNS 15560 試驗法相符，但主要的高塑性反復載重之試驗程序和允收標準，仍是依據 20 年前的土木 401-86 附錄乙規範[11]，亟待更新比照我國新版混凝土設計規範修正版第 26.6.5 節。

ABSTRACT

Keywords: reinforcing bar, mechanical splice, coupler, sleeve, acceptance test

Current design code for concrete structures in Taiwan are equivalent to the out-of-date ACI 318-05 code, which sets a maximum yield stress f_y of 420 MPa in design calculations of longitudinal reinforcement for special moment frames and structural walls. In the past 15 years, ACI codes had four revisions with numerous changes. Finally, ACI 318-19 code permits the use of design f_y up to 690 MPa for special structural walls but not exceeding 550 MPa for special moment frames. The use of high-strength reinforcement is cost effective and helpful for reinforcement congestion and fabrication. Higher reinforcement grades of 550 and 690 MPa has been incorporated into the CNS 560, steel deformed bars for concrete reinforcement. Several local producers are capable of providing high-strength reinforcement. Architects, engineers, contractors, and owners are looking forward to using high-strength reinforcement, which should be permitted by design code.

To update our design codes, ABRI conducted two projects in 2016-2017 to allow the use of high-strength reinforcement, but however, without the acceptance criteria for mechanical splices of high-strength reinforcement. To solve this problem, additional cyclic tests of mechanically spliced assemblies are proposed in this study to revise and verify the acceptance criteria of mechanical splice for high-strength reinforcement in the new design code. This study includes literature review and cyclic tests of mechanically spliced assemblies. Based on available test evidence, this study proposed code changes in chapter 18 and 26 of the new design code, which should be published in 2021.

第一章　緒論

第一節　研究緣起與背景

壹、研究緣起

鋼筋為土建工程大量使用之材料，近年來台灣鋼筋年均用量約為500至600萬公噸，鋼筋續接器用量推估約為每年超過2000萬個，用於土木及建築工程大約各半。鋼筋及續接器之品質良窳攸關公眾生命財產安全，需要嚴格的品質管制及檢驗。鋼筋屬於工業規格品，經濟部訂有國家標準CNS 560「鋼筋混凝土用鋼筋」[7]規定製造方法、形狀尺度、品質檢驗及標示，其中品質檢驗包含外觀節尺度、化學及物理性質試驗方法及合格要求。然而，鋼筋實際施工必須續接，取代搭接工法之機械式續接具有產品及施工多樣性，不適合制定工業規格，故經濟部104 年新訂之CNS 15560「鋼筋機械式續接試驗法」[12]僅規定試驗方法，至於合格要求，應由主管機關考量土木與建築工程特性不同另定規範之。

目前我國部頒版「混凝土結構設計規範」[1]內容主要是參考美國混凝土學會ACI 318-05 規範[2]，其中耐震梁柱構架及剪力牆主筋降伏強度等級上限為420 MPa。近15年來ACI 318規範經過共4次修訂[3-6]，內容及架構已大幅變革，其中最大的變革是ACI 318-19 規範[6]放寬耐震梁柱構架及剪力牆主筋使用高強度550 MPa和690 MPa等級鋼筋。結構使用高強度鋼筋可以降低鋼筋用量，不僅經濟且有助於舒緩梁柱接頭或剪力牆鋼筋過於擁擠、難以施工的問題。我國國家標準CNS 560[7]鋼筋規格2018年新增550 MPa和690 MPa等級鋼筋，國內亦有鋼廠能生產，各界期盼我國混凝土結構規範能跟進ACI 318-19 規範[6]允許耐震結構使用高強度鋼筋。

為期使我國規範能與時俱進，內政部建研所陸續於105及106年

辦理「混凝土結構技術規範之修正研擬」[8]和「建築工程鋼筋機械式續接性能基準及驗證研究」[9]計畫，完成「新版混凝土結構設計規範草案」刻正進行審議，惟草案內容係以 ACI 318-14 規範[5]為藍本，審議期間部分內容參考 ACI 318-19 規範[6]修訂，預期將允許耐震結構系統使用高強度鋼筋。國人房屋住宅多數為鋼筋混凝土造，近年來都會區建築物有趨向高樓化，需要使用較大號徑或較高強度鋼筋，因此鋼筋使用機械式續接較美國更為普遍。目前我國已有一套較美規更嚴謹的機械式續接檢驗和合格標準，經前開 105 及 106 年辦理之計畫研究納入新版規範草案，惟續接器部分未能涵蓋強度等級超過 500 MPa 之高強度鋼筋，致使新版草案雖允許耐震結構系統使用高強度鋼筋，卻欠缺高強度鋼筋機械式續接之檢驗合格標準，亟待補充實驗研究後納入 2020 年審議中之「新版混凝土結構設計規範」修正版。

貳、研究背景

鋼筋及續接器之品質良窳攸關公眾生命財產安全，需要嚴格的品質管制及檢驗。鋼筋屬於工業規格品，經濟部訂有國家標準 CNS 560「鋼筋混凝土用鋼筋」[7]規定製造方法、形狀尺度、品質檢驗及標示，其中品質檢驗包含外觀節尺度、化學及物理性質試驗方法及合格要求。然而，鋼筋實際施工必須續接，取代搭接工法之機械式續接具有產品及施工多樣性，不適合制定工業規格，故經濟部 104 年新訂之 CNS 15560「鋼筋機械式續接試驗法」[12]僅規定試驗方法，至於合格要求，應由主管機關考量土木與建築工程特性不同另定規範之。(註：本案共同主持人**林克強**博士為 **CNS 15560** 標準之主筆)

現行內政部部頒 100 年版「混凝土結構設計規範」[1]僅第 5.15.3.3 節及第 15.3.6.4 節要求機械式續接接合強度至少應達鋼筋規定降伏強度f_y之 1.25 倍或最小抗拉強度f_u外，尚須考慮其滑動量延展性、伸長率等規定，但規範本文並沒有規定相關合格標準，導致業界多半引用舊有規範(土木 401-86 附錄乙[11]、內政部鋼筋續接施工規範及解說草案[13]、結構工程學會鋼筋續接器續接規範[14]、公共工程施工綱要規範第 03210 章鋼筋 V2.1[15]或 V3.0[16]等) ，這些舊有規範均已

逾十年未更新且試驗方法牴觸 104 年新訂之 CNS 15560「鋼筋機械式續接試驗法」[12]，部分試驗項目之合格要求過於嚴苛或不一致，衍生爭議造成業界困擾。

有鑑於此，公共工程委員會 105 年和 107 年委託台灣營建研究院辦理公共工程施工綱要規範第 03210 章鋼筋 V4.0[17]和 V5.0[10]之更新及審議作業，使其試驗法符合 CNS 15560，並修正續接組件之韌性指標，改以續接處外鋼筋之伸長率為準，並排除破壞模式和斷裂位置作為拒收之理由。然而，上述所有的續接器規範編修，適用範圍都是鋼筋等級不超過 500 MPa。(註：本案主持人**李宏仁**教授為公共工程施工綱要規範**第 03210 章鋼筋 V4.0 和 V5.0 之主筆**)。

台灣鋼筋續接器續接性能規範如**圖 1-1** 所示經過二十年演進，現況市場上鋼筋等級主流為 420 MPa，較高強度 490 MPa 亦有少數廠商使用，建築結構主鋼筋號徑介於#6(D19)至#12(D39)之間。市面上可選擇的鋼筋續接器樣式有摩擦銲接式、擴頭滾壓螺紋式、冷壓型鍛套管、螺紋節鋼筋續接器、灌漿填充續接套管等諸多樣式，分別適用不同的構造工法。

過往在公共工程方面，自 2004 年起「公共工程施工品質管理作業要點」第十二點規定：(一)鋼筋、混凝土、瀝青混凝土及其他適當檢驗或抽驗項目，應由符合 CNS 17025（ISO/IEC 17025）規定之實驗室辦理，並出具檢驗或抽驗報告。(二)前款檢驗或抽驗報告，應印有依標準法授權之實驗室認證機構之認可標誌。惟工程會原訂定之檢驗項目為產品總稱，檢驗項目不甚明確，相關單位陸續希望能以試驗項目列舉。故工程會 2005 年 11 月 10 日工程管字第 09400415500 號函列舉 7 項(含鋼筋混凝土用鋼筋試驗)，2009 年 10 月 29 日工程管字第 09800480600 號函增列 10 項(含鋼筋續接器試驗)，總計 17 項[18]需依前開規定辦理。我國唯一依標準法授權之實驗室認證機構為財團法人全國認證基金會(Taiwan Accreditation Foundation, TAF)，因此近 15 年來公共工程所使用的鋼筋及續接器均必須檢**具 TAF 認可標誌之報告**，目前已是業界共識。然而，TAF 辦理前開 17 項公共工程材料試驗之認證服務，**認可之試驗規範限官署發布為準**，例如 CNS 15560、內政部頒規範、國工局或高工局施工規範、公共工程委員會施工綱要規範等，實驗室方可出具 TAF 認可標誌之報告。目前，TAF 認可符合新版 CNS 15560 的續接器性能規範僅有公共工程施工綱要

規範第 03210 章鋼筋 V4.0[17]和 V5.0[10]。注意前述規範係以國內業界慣用之土木 401-86 附錄乙規範[11]為藍本，修正試驗方法和韌性檢測指標，僅適用於 SD490W 或更低強度等級鋼筋。

在民間建築工程方面，一般由建築師向業主承攬設計及監造業務，實務上建築師通常只做重點監造，至於鋼筋及續接器施工品質，往往不能嚴格把關，許多業主自辦營造的工地並不查驗鋼筋機械式續接之施工品質，即使有查驗，所依據之合格標準亦不若公共工程來得嚴謹。一般建築工程之鋼筋續接器可能自訂檢驗頻率及合格標準，若設計者有特別要求耐震結構用鋼筋續接器，設計圖說可能引用前述舊有規範[11, 13, 14]，如無特別要求，則可能依內政部頒版混凝土結構設計規範[1]或 ACI 318-05 規範[2]，只執行鋼筋續接組件之基本拉伸試驗，要求續接處抗拉強度至少達 $1.25f_y$。無視設計規範第 5.15.3 節解說提到機械式續接器續接除其強度規定外，應考慮滑動量、延展性及伸長率等之影響。鋼筋機械續接的滑動量與構件裂紋寬度有關，若混凝土構件裂紋過大容易使水汽接觸鋼筋導致鋼筋銹蝕影響耐久性，而續接後之延展性或伸長率則與構材耐震性能有關，若續接器遠離地震時鋼筋可能降伏的位置並且錯開 75 cm 作續接，則機械續接後之伸長率或許不需要關切，但若欲使用鋼筋續接器於任何位置，包括同斷面續接，則必須嚴格把關機械續接後之滑動量及伸長率。

近年來少子化缺工問題嚴重，加上工法進步，建築工地趨向於使用鋼筋籠預組工法或構材預鑄工法，需要鋼筋在同一斷面或是柱底(地震時鋼筋可能降伏位置)作續接，需要大量應用機械式續接，為維護國人生命財產安全，建築工程之鋼筋機械續接有必要嚴格檢驗，以確保其使用性及耐震性能。

基於上述需求，建研所於 106 年度委託**李宏仁等人**[9]辦理「**建築工程鋼筋機械式續接性能基準及驗證研究**」，依 CNS 15560 試驗法執行超過 80 組 420 MPa 等級鋼筋機械式續接組件單向拉伸及滑動試驗、高塑性反復荷載試驗，另外完成八支混凝土梁構件彎曲試驗內含鋼筋機械式續接，研提修正建築工程鋼筋機械式續接性能合格標準及檢驗準則，經比對試驗數據和彙整各方意見，終於新版「混凝土結構設計規範草案」新增 **26.6.5 節**規定鋼筋機械式續接之檢驗頻率及合格標準如后。包含**性能判別、施工檢查、取樣頻率、試驗程序及合格標準**，讓業界有所依循，確保建築工程鋼筋續接施工品質，維護國人生命財產安全。

26.6.5 機械式續接

26.6.5.1 檢驗頻率 (略、詳閱規範草案)

26.6.5.2 允收準則 (Acceptance criteria)

(a) 鋼筋機械式續接試驗應依 CNS 15560 之規定辦理，惟指定負載、加載反復週次及循環週次等應依本節規定辦理。

(b) 續接試體準備及裝置依 CNS 15560 規定辦理，續接試體在進行試驗前不得預拉。

(c) 鋼筋機械式續接試驗合格標準如**表 1-1** 所列，**適用f_y不超過 5,000 kgf/cm^2 [490 MPa]之鋼筋**。

(d) 除非另有規定，試體破壞模式如斷裂位置或鋼筋拔出等不作為等級判別或拒收之理由。

(e) 高塑性反復負載試驗過程如發生試體挫曲之現象，該試驗視為無效而非試體不合格。

由於 106 年建研所委託李宏仁等人[9]主要目的是研究 420 MPa 等級鋼筋機械續接性能之合格標準及檢驗準則，但當時也一併測試了 36 組日本製造之高強度鋼筋(550 和 690 MPa 等級)續接組件試驗，包含螺紋節鋼筋續接器及砂漿填充式續接套管大約各占一半，目的是檢討表 1-1 所列之高塑性反負負載試驗程序是否適用高強度鋼筋。儘管這批續接器符合日本要求品質非常良好，強度皆能達到 $1.25f_y$或f_u以上，但並無法全數滿足高塑性反負負載試驗滑動量或伸長率之要求，結論是**表 1-1 的高塑性反復負載試驗程序對於 550 MPa 或更高強度等級鋼筋有過於嚴苛之情形，並不適宜**。

圖 1-3 為高塑性反復負載試驗程序，先在彈性域($0.95P_y \leftrightarrow -0.5P_y$)間重複 16 回，再拉伸至 **6 倍$\delta_y$**後再反向加壓至$-0.50P_y$重複 8 回，接著續再拉伸至 **12 倍$\delta_y$**再重複 8 回，累計 32 回，最後再拉伸至破壞。合格標準有強度須大於 $1.25f_y$和f_u；韌性指標取續接處外兩側鋼筋伸長率之較大值，須至少大於 6%(D36 以上)或 9%(D32 以下)；且第 16 回、24 回、32 回之滑動量不得超過 0.3 mm、0.9 mm、1.8 mm。上述彈性域重覆負載考慮的是較常遭遇的小震，結構物維持在彈性階段，6 倍δ_y約略是考慮在中震(475 年設計地震水準)構材已經產生塑性鉸，該位置鋼筋可能需要的塑性伸長率，最後 12 倍δ_y則約莫在大震時(2500 年最大考量地震水準)構材塑性鉸可能需要的塑性伸長率。

根據李宏仁等人初步檢討，420 MPa 等級鋼筋於塑鉸曲率轉角以等位移法則推估，當鋼筋強度等級提高至 550 MPa 等級時，高塑性反復負載試驗程序約莫調降為 **5 倍δ_y及 10 倍δ_y各 8 回**，鋼筋強度等級 690 MPa 時，高塑性反復負載試驗約為 **4 倍δ_y及 8 倍δ_y各 8 回**。但需要**更多的測試驗證**，特別是**針對台灣製造的產品**。

總結經過 106 年度計畫李宏仁等人[9]彙整各方意見建議之表 1-1 僅適用於 SD 490W 或更低強度等級鋼筋。由於表 1-1 的高塑性反復負載試驗程序對於 SD 550W 或更高強度等級鋼筋有過於嚴苛之情形，故有關鋼筋強度等級在 SD 550W 以上之機械式續接試驗性能合格標準，或許可**參考**台灣混凝土學會 TCI 之高強度鋼筋續接器性能規範[19]，此 2014 年版規範草擬之總幹事即**李宏仁和林克強博士**，但時空環境變遷，TCI 此版規範內容與表 1-1 有明顯差異，且 TCI 學會規範並非官署或機關發佈之規範，實驗室無法取得 TAF 認證，故目前迄今 6 年內僅曾被兩家公司(潤弘精密、台日國際工程顧問)用於**建築新材料新工法之認可**申請，尚無工程實績。

第二節　文獻回顧

有關本研究收集之相關文獻資料，分台灣、日本及美國規範分別說明如下：

壹、台灣混凝土學會 TCI，高強度鋼筋續接器性能規範

2014 年前我國鋼筋國家標準 CNS 560 尚無 SD550W 和 SD690 鋼筋，亦無鋼筋機械式續接試驗法 CNS 15560[12]，當年**李宏仁和林克強博士**以我國土木水利學會「土木 401-86 附錄乙」[11]及結構工程學會的「鋼筋續接器續接參考規範」[14]為腳本，參考 2007 年版日本土木學會之「鉄筋定着継手指針」[20]和美國 ASTM A1034 鋼筋機械式續接試驗法[21]研擬，由台灣混凝土學會之技術發展委員會與規範委員會組成審議委員會[22]，審議後公布供業界參考使用。表 1-2 此版規範之合格標準，藍色部分係與表 1-1 有差異處，試驗名稱有差異，但實質上內相近，主要差異是**塑性域的加載程序**。此版規範僅被兩家公司用於建築新材料新工法申請認可書之參考規範，尚無工程實績。

後來李宏仁等人(2017)[9]研究建議韌性指標由早期的跨越續接處的延展性或伸長率[11]，或靠近鋼筋斷裂處之直徑收縮率[14]，統一改為**續接處外之鋼筋伸長率**，即圖 1-2 中試驗裝置，試驗前於續接器兩側之鋼筋上各刻劃兩個標示點，標示點距離續接器兩端或夾具均不得小於 1 倍鋼筋標稱直徑，試驗後取續接處外兩側鋼筋伸長率之較大值，若此可適用於不同號徑鋼筋續接、或不同等級鋼筋續接、或長套管續接，此韌性指標較無爭議，回到機械式續接後預期「被續接鋼筋」須能發展至**規定之伸長率**以確保破壞時具有**適當之韌性**。至於表 1-1 的規定伸長率 6%(D36 以上)或 9%(D32 以下)，是參考加州交通廳標準(Caltrans 2015)標準。總結來說，韌性指標統一改為**續接處外之鋼筋伸長率**，是目前的共識。

因此，本研究案唯一的課題是高強度鋼筋 SA 級機械式續接塑性域的負載程序，究竟要從表 1-1 在 **6 倍δ_y及 12 倍δ_y各 8 回，調整為 n 倍δ_y及 2n 倍δ_y各 8 回**，注意 TCI 版規範是 **2 倍δ_y及 5 倍δ_y各 4 回**，其中迴圈數一律取 8 回較保守影響不大，較困難的抉擇是 **n 倍δ_y**如何調降，以及其對應之滑動量允收值是否需要一併修正。

貳、日本鋼筋續接指針

日本自 2007 年後土木和建築用鋼筋機械續接器性能規範在調整為一致，分別是日本土木學會之鐵筋定著繼手指針(鋼筋錨定續接指針)[20]和日本国土交通省「建築物の構造関係技術基準解説書」政令第 73 條，鉄筋の継手及定着[23]，迄今未變[24]。日本建築學會的鋼筋混凝土構造計算規範[25]自 2010 年版後鋼筋設計降伏強度最大值提高至 490 MPa。更高強度的鋼筋如 590 MPa 或 685 MPa[26]等級則是需要國土交通大臣建築材料認定書(相當於我國建築新材料新工法)方能使用，日前在日本有超過 500 棟建築物曾使用高強度鋼筋。

日本機械續接性能分成 SA、A、B 及 C 級，其中 SA 級是指續接後強度、勁度、拉伸變形能力與鋼筋母材相當，SA 級續接可用於構件任何位置；A 級續接後強度和勁度與鋼筋母材相當、伸長變形能力不如母材；B 級續接只有強度與鋼筋母材相當，其他性能較母材為劣；C 級則是續接後各項性能皆較母材為劣。**表 1-3 是日本繼手指針之續接性能判定基準**。圖 1-4 至圖 1-7 是施載程序示示意圖，注意其塑性域是**2 倍δ_y及 5 倍δ_y各 4 回** (降伏應變ε_y乘以標距L_g就是降伏位移δ_y)。基本上，前述 TCI 高強度鋼筋續接器續接性能規範是參考日本繼手指針，捨去 A 級和 C 級，簡化為 SA 級和 B 級。

筆者調查得知日本高強度鋼筋續接器是採用新材料認定，基本上 B 級或 C 級沒有人使用，有取得日本建築中心評定書的續接器只有 SA 級和 A 級續接，日本東京鐵鋼 TTK 的砂漿填充式續接套管(預鑄工法用)，則是 A 級和有條件 SA 級認定書，其性能介於 SA 級和 A 級之間。經過研討、訪談跟專家座談會凝聚共識，本研究建議**我國規範也應該參考日規分成 SA 級、A 級和 B 級**。

注意表 1-3 中原本 A 級韌性指標$\varepsilon_u \geq 10\varepsilon_y$＆0.02，SA 級$\varepsilon_u \geq 20\varepsilon_y$＆0.04，早年日本普通強度鋼筋降伏強度等級是 390 MPa (相當於我國 420 MPa 等級)，一般鋼筋彈性模數標稱值為 200,000 MPa，故標稱降伏應變ε_y=390/200000≈0.002，故 $10\varepsilon_y$=0.02，$20\varepsilon_y$=0.04。然而降伏應變正比於鋼筋強度等級，若韌性指標或塑性加載程序依舊正比於ε_y，將過於嚴格。

我國續接器技術 1980 年代自日本引進，舊有續接器規範[10, 11, 13-17, 19]皆是以日本繼手指針為圭臬，續接性能分級即參考日本規範而來，惟經過編審程序考量台日國情不同，最後決定之台灣 SA 級續

接性能合格標準竟然比日本還嚴格，台日續接規範之詳細試驗法差異比較，請參閱文獻[27, 28]。

歸納日本續接性能性能優劣對照組為被續接之鋼筋母材，續接性能合格標準皆為定量指標如強度、勁度、滑動變形、韌性或伸長率等，不限定破壞模式或破壞位置。

日本業者通常是採信廠商提供之續接器性能評定報告書，即取同批鋼筋母材和機械式續接作續接性能試驗報告，每一鋼筋號徑或等級至少三支為一組，施工期間不另作機械續接性能檢驗。我國國情不同，續接器進場、取樣和檢驗的作法有差異，本案前期研究[9]經過規範委員會討論，一致認為台灣需要規定鋼筋機械續接施工期間最低取樣頻率，在材料進場後，鋼筋機械續接組件進場各號數須分開取樣，每滿 100 個至少取樣 1 個，執行 26.6.5.2 節單向拉伸及滑動試驗；第二類(SA 級)機械式續接每滿 1000 個至少取樣 1 個，執行 26.6.5.2 節高塑性反復負載試驗。

參、美國鋼筋續接器性能規範

美國在鋼筋續接器的使用不若日本及台灣頻繁，建築工程主要使用美國混凝土學會 ACI 318 規範，1995 年版開始有第一類機械式續接，只要求接合強度至少達鋼筋 1.25f_y之強度。ACI 318 規範 1999 年版再增加第二類機械式續接，額外要求接合強度應至少達鋼筋之抗拉強度規定值f_u以上，試驗法及性能要求甚為簡略，不若日本及台灣規範嚴格要求滑動量及伸長率等項目，迄今 ACI 318-19 規範[6]仍只有第一類(接合強度至少 1.25f_y)及第二類續接(接合強度至少 1.25f_y及f_u以上)。

美國 ACI 318-19 規範[6]第一類機械式續接要求接合強度達鋼筋 1.25f_y之強度，目的是確保 95%以上的第一類續接可以使被續接鋼筋可以進入降伏平台；而第二類機械式續接要求接合強度應大於鋼筋抗拉強度規定值f_u，目的是確保續接之鋼筋可以發生若干程度應變硬化，但不保證續接之鋼筋可以達到鋼筋實際抗拉強度f_{ua}後拉斷，假若續接之鋼筋實際抗拉強度過高，可能會使斷裂發生在機械式續接處，因此限定接合試體破壞模式在鋼筋續接處外斷裂是不合理的要求，因為鋼筋抗拉強度並沒有規定上限值。

美國國家標準技術研究所 NIST 於 2014 年一份技術報告[29]評估耐震結構用高強度 550 MPa 及 690 MPa 等級鋼筋之可行性，建議 ACI

318 規範增加**第三類機械式續接**，要求續接處外鋼筋至少達鋼筋實際抗拉強度f_{ua}對應之均勻伸長率(Uniform Elongation)或 8%。第三類機械式續接接合強度若能達到f_{ua}應能拉斷鋼筋，由於鋼筋抗拉強度規定值沒有上限，對於高強度鋼筋可能會導致續接處斷裂或拔出，故另訂續接處外鋼筋之均勻伸長率至少 8%。

在美國機械式續接已經被廣泛用於混凝土結構，因為其取代鋼筋搭接可以有效地節省空間便於施工。然而在大部分應用被侷限於弱震區，因為現行美國建築[6]及橋樑規範[30]禁止在中震及強震區結構塑鉸區使用機械式續接。唯有橋樑預鑄工法常在橋柱基礎接合處使用砂漿填充式續接套管，然而這種工法也被橋樑規範要求只能用於弱震區。近五年內美國有一些新的試驗研究[31-37]陸續指出，已有若干型式的續接器或續接套管經構件試驗證實可以用於耐震結構塑鉸位置，但是需要更嚴格的品質檢驗準則。隨然現行 ACI 318 規範有要求第二類機械式續接須能使被續接鋼筋發展至規定抗拉強度，也預期第二類機械式續接須能承受多次反復非彈性應變，但是美國實務上並沒有官方統一版本的機械式續接性能檢驗程序。

土木工程方面，與台灣同處於環太平洋地震帶的加州交通廳標準[38]可以借鏡。依 California Test 670 鋼筋機械與銲接續接試驗法[39]檢核使用性能及極限性能，使用性能依圖 1-8(a)程序，自 3000 psi (21 MPa)將伸長計歸零、應力加載至 30,000 si (210 MPa)再減載至 3000 psi (21 MPa)，量測續接處之相對滑動量，不得超過表 1-4 之規定值，彈性域最大滑動量標準大約是鋼筋直徑的 1/40。此法僅適用 ASTM A706[40] Grade 60,000 psi (420 MPa)鋼筋，換句話說，滑動試驗負載上下限分別為$0.5P_y$及$0.05P_y$。其中P_y為對應鋼筋規定降伏強度之軸力。

滑動量允收標準是否要正比於鋼筋號徑或正比於鋼筋等級提高，可以討論，依日規原理是正比於鋼筋等級，依美國橋梁規範是正比於鋼筋號徑。

加州交通廳要求機械續接組件抗拉強度應達 80 ksi (550 MPa)，即 ASTM A706 Grade 60,000 psi (420 MPa)鋼筋之規定抗拉強度f_u，且

a. 若試體目視有頸縮且斷裂於鋼筋、但不在續接加工影響區，或 b.破壞於任何位置，如若續接試體達到頸縮之應變要求。

如為狀況 a，即判定合格；如果是狀況 b，沒有明顯頸縮、斷裂於續接處或夾具夾持處、或是鋼筋滑脫、拔出等其他破壞模式，則量測續接處外兩段鋼筋之伸長量取大值，不得少於 6%(D36 以上)或

9%(D32 以下)。目前新版規範**表 1-1 被續接鋼筋之最小伸長率**，即是參考上述標準。

除了基本使用性能及極限狀況要求外，針對 California Test 670 另外還有重複負載試驗及疲勞試驗。橋梁、鐵道等交通工程有較常遇之循環載重，故鋼筋機械式續接方有疲勞試驗之必要。如若在具有高週次疲勞問題之位置使用機械式續接，應視其應力範圍考慮採用耐高週次疲勞之機械式續接。而在建築工程中續接器主要用於續接柱主筋，次要用於續接梁主筋，建築梁柱構架沒有常遇循環載重之需求，故無疲勞試驗之必要。

在建築工程方面，鋼筋機械續接性能一般採用 ICC-ES 評定書送審，其性能接受準則為 ICC-ES AC133[41]，施工中不另外檢驗性能，僅抽查抗拉強度，類似日本作法。在 ICC-ES AC133 評估準則如表 1-5 和表 1-6，基本上有部分是參考日本繼手指針但大幅簡化，美規抗拉強度至少 1.25f_y或f_u外，且將彈性域與塑性域反復拉壓試驗合併執行，且不限制滑動量。

實務上工程案進行前，材料商會提送 ICC-ES AC133 評定書作資格審查，施工中並沒有試驗取樣頻率，ACI 318 規範本身沒有規定，由工程案監造技師及相關規範的人員同意即可，經諮詢美國開業技師，材料進場施工中取樣頻率大約為 1/100，試驗方式基本上比照送審文件，即 ICC-ES AC133 評定書。故我國新版規範草案提案之機械續接基本拉伸試驗取樣頻率訂為 1/100，但考量國內工程慣例，施工仍維持 1/1000 頻率取樣作高塑性反復負載試驗，如**表 1-1**。

表 1-6 的反復拉壓試驗程序，其實相當於日規彈性域重複和塑性域反復試驗(圖 1-6 和圖 1-7)合併執行。但注意 ICC-ES AC133 塑性變形指標是訂在 2ε_{ya}和 5ε_{ya}，其中ε_{ya}是被續接鋼筋實際被拉伸之降伏應變乘以 2 倍或 5 倍。

在此以 SAS Stressteel, Inc.提送的試驗報告為例，報告編號為 CTLGroup Project No. 250708，Testing of Mechanical Connectors for Uncoated, Continuous Threaded, Grade 95 Reinforcing Bars per ICC AC133 Protocol, 2005。此報告測試之鋼筋等級為 95 ksi (670 MPa)，試驗佈置如圖 1-9 所示。

某一筆試驗結果如圖 1-10 和圖 1-11 所示。注意圖 1-10 顯示試驗時係以鋼筋應變控制被續接鋼筋之塑性率，這樣控制很精準，但設備必須同時架設髮夾型伸長計(Clip-on extensometer)和另一對跨續接器

之伸長計量測伸長量，實驗室設備門檻較高，在台灣推動窒礙難行。圖 8 顯示此續接器有顯著的當周次滑動量，若以表 1-3 日本繼手指針來評估，是不合格的。但這筆報告以 ICC-ES AC133 評估是合格的，因為表 1-6 只要求強度保持，不限制續接處相對滑動量。

第三節 研究方法及進度說明

本研究案研究方法包括：(1) 文獻之蒐集與整理；(2)鋼筋機械續接組件試驗； (3) 實驗數據分析統計；(4) 座談檢討及撰寫告。流程如圖 1-12 所示，本研究預定之進度表如表 1-7 所示。採用的研究方法及進度說明敘述如後。

壹、 文獻之蒐集與整理

收集、整理相關文獻，一方面先徹底研究相關規範之演進及緣由，避免本研究之內容與現有成果重複，另一方面蒐集之規範及文獻資料可作為規範檢討及實驗數據比對分析的參考或補充資料。

蒐集美國、日本和歐盟鋼筋機械續接之規範及相關文獻約 44 篇，其中規範檢討及比對結果彙整在前一節中詳細說明。部分文獻資訊在下一章中引用。

貳、 鋼筋機械續接組件試驗

本研究依 CNS 15560 鋼筋續接器檢驗法測試國內各等級及各式樣的鋼筋續接器性能，測試 CNS 560 鋼筋混凝土用鋼筋 SD 550W、SD 690 二種鋼筋等級，測試#8(D25)、#10(D32)、#11(D36)、#12(D38)、#13(D41)五種號徑，四種樣式續接組件(摩擦銲接、擴頭滾牙、砂漿填充式螺紋節鋼筋續接器、砂漿充填式續接套管)涵蓋三種工法(現場組立、預組工法、預鑄工法)。完成一般耐震構材用的 SD 550(#8-D25、#10-D32、#11-D36、#12-D38、#13-D41)摩擦銲接、擴頭滾牙、螺紋節

鋼筋、砂漿填充續接套管續接組件試驗 51 組。另外已完成 SD 690(#10-D32、#12-D38、#13-D41) 螺紋節鋼筋、砂漿填充續接套管續接組件試驗共 56 組。本計畫完成之續接組件試驗已達 107 組，遠超過原計畫預期數量 60 組。

參、 座談檢討及報告之撰寫

本研究包含召開工作會議協調研究方法、專家座談會檢討研究成果及兩次報告之撰寫，第一次為期中報告，在執行第 5 個月時說明本案之執行進度。第二次為期末報告，在執行第 11 個月時完成本案之研究報告。

進度說明

本報告即為成果報告。

第四節　研究目的

各界期待未來規範能新增適用範圍至 SD 550W 及 SD 690 高強度鋼筋，特別是 SD 550W 鋼筋將成為一般建築耐震構材用鋼筋，需要一個官方統一版本的續接器性能合格標準，各界殷切期盼內政部建築研究所能整合各方意見，將鋼筋機械式續接之合格標準，納入審議中的 2020 年〔**混凝土結構設計規範修正版**〕。儘管目前我國已有一套較美日更嚴謹的機械式續接檢驗和合格標準，但不適用較高強度鋼筋，需要補充實驗研究調整機械式續接的檢驗和合格標準，使新版規範更趨完備嚴謹。

表 1- 1 鋼筋機械式續接試驗性能合格標準〔適用 490 MPa 等級下〕

試驗項目 (取樣頻率)	加載程序	指標	合格標準	
			第二類 (SA 級)	第一類 (B 級)
單向拉伸及滑動試驗 (1/100)	0→0.95P_y→0.02P_y →拉至破壞	抗拉強度	≥ 1.25f_y 且 ≥ f_u	≥ 1.25f_y
		殘留滑動量$(\delta_s)_{1c}$	≤ 0.3 mm	≤ 0.3 mm
		續接處外鋼筋之伸長率[1]	≥9%，鋼筋尺度 D32 以下	≥ 2%
			≥6%，鋼筋尺度 D36 以上	
重複負載及滑動試驗 (1/1000)	0→(0.95P_y↔0.02P_y)×30 回 →拉至破壞	抗拉強度	不適用	≥ 1.25f_y
		滑動量$(\delta_s)_{30c}$	不適用	≤ 0.3 mm
		續接處外鋼筋之伸長率[1]	不適用	≥ 2%
高塑性反復負載試驗 (1/1000)	0→(0.95P_y↔ -0.5P_y)×16 回 →(6δ_y↔ -0.5P_y)×8 回 →(12δ_y↔ -0.5P_y)×8 回 →拉至破壞	抗拉強度	≥ 1.25f_y 且 ≥ f_u	不適用
		滑動量$(\delta_s)_{16c}$	≤ 0.3 mm	不適用
		滑動量$(\delta_s)_{24c}$	≤ 0.9 mm	不適用
		滑動量$(\delta_s)_{32c}$	≤ 1.8 mm	不適用
		續接處外鋼筋之伸長率[1]	≥9%，鋼筋尺度 D32 以下	不適用
			≥6%，鋼筋尺度 D36 以上	

[1]兩段被續接鋼筋伸長率取大值

（資料來源：參考書目[9]）

表 1- 2 TCI 高強度鋼筋續接器續接性能規範(2014)之合格標準

試驗項目	加載程序	指標	合格標準	
			第二類 (SA 級)	第一類 (B 級)
單向拉伸及滑動試驗 (拉力試驗)	0→0.95P_y→0.02P_y →拉至破壞	抗拉強度	≥ 1.25f_y 且 ≥ f_u	≥ 1.25f_y
		殘留滑動量 $(\delta_s)_{1c}$	≤ 0.3 mm	≤ 0.3 mm
		伸長率	≥ 6%	≥ 2%
重複負載及滑動試驗 (彈性重複載重試驗)	0→(0.95P_y↔0.02P_y)×30 回→拉至破壞	抗拉強度	不適用	≥ 1.25f_y
		滑動量 $(\delta_s)_{30c}$	不適用	≤ 0.3 mm
		伸長率	不適用	≥ 2%
彈性反復載重試驗 + 塑性反復載重試驗	0→(0.95P_y↔ -0.5P_y)×20 回→(2δ_y↔ -0.5P_y)×4 回→(5δ_y↔ -0.5P_y)×4 回→拉至破壞	抗拉強度	≥ 1.25f_y 且 ≥ f_u	不適用
		滑動量 $(\delta_s)_{20c}$	≤ 0.3 mm	不適用
		滑動量 $(\delta_s)_{24c}$	≤ 0.3 mm	不適用
		滑動量 $(\delta_s)_{28c}$	≤ 0.9 mm	不適用
		伸長率	≥ 6%	不適用

註：◯適用、X 不適用、△僅適用於具有高週次疲勞疑慮之續接

（資料來源：參考書目[19]）

表 1- 3 日本鋼筋續接性能分級對應母材鋼筋機械性質

試驗項目		SA 級	A 級	B 級	C 級
單方向拉伸試驗	抗拉強度	$\geq 1.35f_y$ *or* f_u			$\geq f_y$
	彈性模數	$E_{0.7f_y} \geq E_s$ $E_{0.95f_y} \geq 0.9E_s$	$E_{0.7f_y} \geq 0.9E_s$ $E_{0.95f_y} \geq 0.7E_s$	$E_{0.5f_y} \geq 0.9E_s$ $E_{0.95f_y} \geq 0.5E_s$	$E_{0.5f_y} \geq 0.9E_s$ $E_{0.7f_y} \geq 0.5E_s$
	伸長率	$\varepsilon_u \geq 20\varepsilon_y$ & 0.04	$\varepsilon_u \geq 10\varepsilon_y$ & 0.02	$\varepsilon_u \geq 5\varepsilon_y$ & 0.01	—
	滑動量	$\delta_s \leq 0.3\ mm$	$\delta_s \leq 0.3\ mm$	—	—
高拉力重複試驗	抗拉強度	$\geq 1.35f_y$ *or* f_u			—
	彈性模數	$E_{30c} \geq 0.85E_{1c}$	$E_{30c} \geq 0.5E_{1c}$	$E_{30c} \geq 0.25E_{1c}$	—
	伸長率	$\varepsilon_u \geq 20\varepsilon_y$ & 0.04	$\varepsilon_u \geq 10\varepsilon_y$ & 0.02	$\varepsilon_u \geq 5\varepsilon_y$ & 0.01	—
	滑動量	$\delta_{s(30c)} \leq 0.3\ mm$	$\delta_{s(30c)} \leq 0.3\ mm$	—	—
彈性域反復試驗	抗拉強度	$\geq 1.35f_y$ *or* f_u			—
	彈性模數	$E_{20c} \geq 0.85E_{1c}$	$E_{20c} \geq 0.5E_{1c}$	$E_{20c} \geq 0.25E_{1c}$	—
	滑動量	$\delta_{s(20c)} \leq 0.3\ mm$	$\delta_{s(20c)} \leq 0.3\ mm$	—	—
塑性域反復試驗	抗拉強度	$\geq 1.35f_y$ *or* f_u		—	—
	滑動量	$\varepsilon_{s(4c)} \leq 0.5\varepsilon_y$ $\delta_{s(4c)} \leq 0.3\ mm$ $\varepsilon_{s(8c)} \leq 1.5\varepsilon_y$ $\delta_{s(8c)} \leq 0.9\ mm$	$\varepsilon_{s(4c)} \leq \varepsilon_y$ $\delta_{s(4c)} \leq 0.6\ mm$	—	—

f_y：母材鋼筋之規定降伏強度　　ε_y：接合試體之降伏應變

f_u：母材鋼筋之規定抗拉強度　　ε_u：接合試體之極限應變

δ_s：接合試體的滑動量

E_s：母材鋼筋之 $0.7f_y$割線剛性

$E_{0.5f_y}$、$E_{0.7f_y}$及$E_{0.95f_y}$：接合試體之 $0.5f_y$、$0.7f_y$及 $0.95f_y$割線剛性

E_{1c}、E_{20c}及E_{30c}：接合試體於第 1、20 及 30 週次之 $0.95f_y$割線剛性

$\varepsilon_{s(4c)}$及$\varepsilon_{s(8c)}$：接合試體於第 4 及 8 週次之當週次軸向變形量

$\delta_{s(4c)}$、$\delta_{s(8c)}$、$\delta_{s(20c)}$及$\delta_{s(30c)}$：接合試體於第 4、8、20 及 30 週次之當週次滑動量

（資料來源：參考書目[21-24]，表格製作陳智軒[24]）

表 1- 4 美國加州交通部標準規範鋼筋機械續接滑動試驗要求

鋼筋稱號	號徑	最大滑動量 in. (mm)
#6 以下	D19 以下	0.020 (0.5)
#7, #8, #9	D22, D25, D29	0.028 (0.7)
#10, #11	D32, D36	0.036 (0.9)
#14	D43	0.048 (1.2)
#18	D57	0.060 (1.5)

（資料來源：參考書目[26]）

表 1- 5 ICC-ES AC133 第二類機械式續接性能合格標準

試驗項目	各等級號徑 組件試體數	合格標準
1.靜態拉力試驗	至少 5 件	強度≥ $1.25f_y$且 ≥ f_u
2.靜態壓力試驗	同上	同上
3.反復拉壓試驗	同上	完成下表階段 1, 2, 3 不破壞視為合格，若執行第 4 階段至破壞強度≥ $1.25f_y$且 ≥ f_u，則第 1 項靜態拉力試驗可以省略

（資料來源：參考書目[41]）

表 1- 6 反復拉壓試驗程序

階段	拉力	壓力	迴圈數
1	$0.95f_y$	$0.5f_y$	20
2	$2\varepsilon_{ya}$	$0.5f_y$	4
3	$5\varepsilon_{ya}$	$0.5f_y$	4
4	加載至破壞為止		

f_y =鋼筋規定降伏強度標稱值

ε_{ya}=被續接鋼筋實際降伏應變

（資料來源：參考書目[41]）

表 1-7 研究進度及預期完成之工作項目

月次 工作項目	第一月	第二月	第三月	第四月	第五月	第六月	第七月	第八月	第九月	第十月	第十一月	第十二月	備註
評選、簽約	■												
文獻蒐集		■	■										
續接組件試驗			■	■									
專家座談					■								6/12
期中報告						■							6/30
續接組件試驗							■	■					
構件分析模擬									■				
專家座談									■				9/
期末報告										■			10/15
成果報告											■	■	12/04
預定進度百分比	7	14	29	36	43	50	57	64	79	86	93	100	
預定查核點	第 1 季：無												
	第 2 季：期中報告												
	第 3 季：期末報告												

說明：1 工作項目請視計畫性質及需要自行訂定，預定研究進度以粗線表示其起訖日期。

2 預定研究進度百分比一欄，係為配合追蹤考核作業所設計。請以每一小格粗組線為一分，統計求得本計畫之總分，再將各月份工作項目之累積得分(與之前各月加總)除以總分，即為各月份之預定進度。

3 科技計畫請註明查核點，作為每一季所預定完成工作項目之查核依據。

（資料來源：本研究製作）

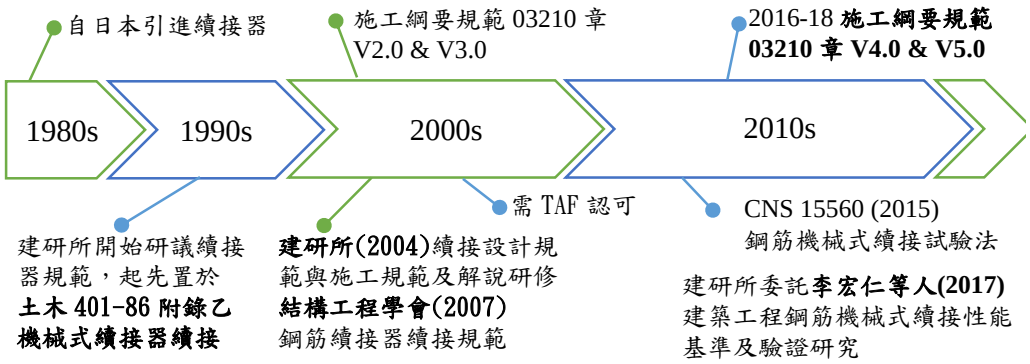


圖 1- 1 我國鋼筋續接器規範之演進

（資料來源：本研究製作）

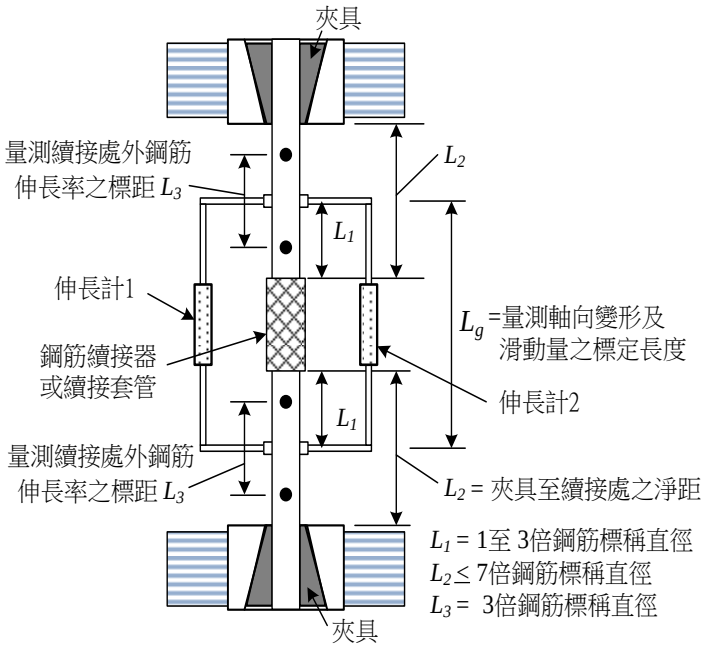
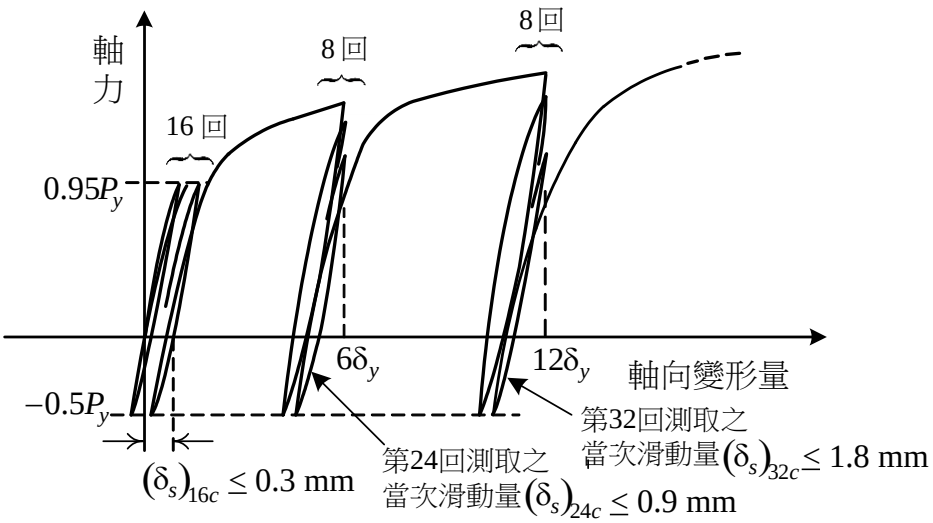


圖 1- 2 鋼筋機械式續接試驗裝置

（資料來源：參考書目[9]）



加載至0.95P_y，反向加壓至 −0.50P_y，
重複16回到標稱零載重之殘留滑動量

符號說明：

$P_y = A_b f_y$，對應於鋼筋最小規定降伏強度之軸向力，N。

$(\delta_s)_{1c}$= 單向拉伸試驗加載至 0.95P_y 再減載至 0.02P_y 時之殘留滑動量，mm。

$(\delta_s)_{16c}$= 高塑性反復負載試驗施加拉力至 0.95P_y，再反向加壓至-0.50P_y 重複 16 回到標稱零載重之殘留滑動量，mm。

$(\delta_s)_{24c}$= 高塑性反復負載試驗第 24 回測取之當次滑動量，mm。

$(\delta_s)_{32c}$= 高塑性反復負載試驗第 32 回測取之當次滑動量，mm。

$\delta_y = L_g f_y / E_s$，鋼筋標稱降伏伸長量，mm。

L_g = 量測鋼筋續接試體軸向變形之標定長度，mm。

圖 1- 3 高塑性反復負載試驗程序

（資料來源：參考書目[9]）

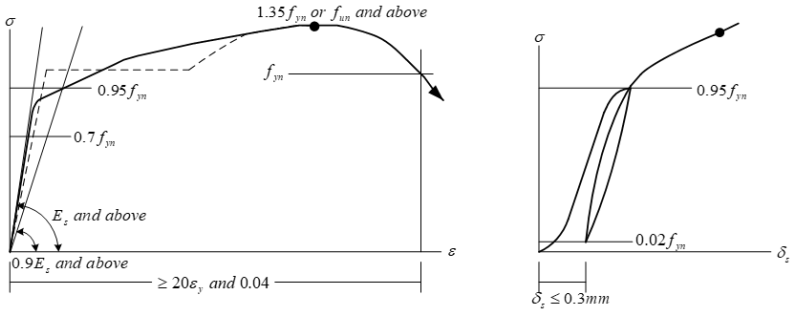


圖 1- 4 日規單方向拉伸和滑動量試驗

（資料來源：參考書目[20]）

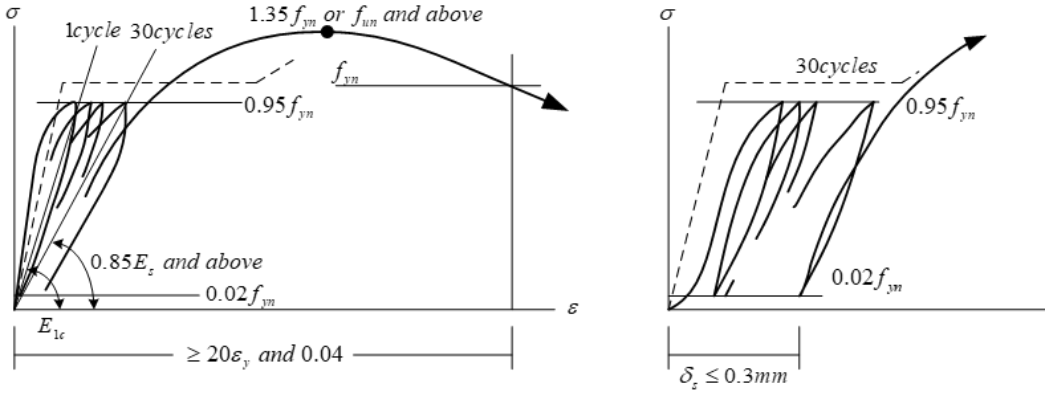


圖 1- 5 日規高拉力重複載重試驗

（資料來源：參考書目[20]）

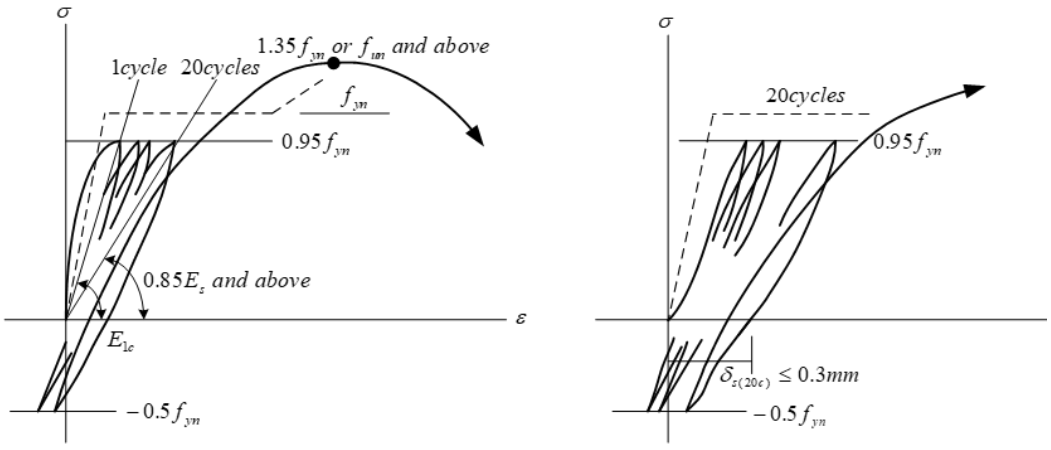


圖 1- 6 日規彈性域反復載重試驗

（資料來源：參考書目[20]）

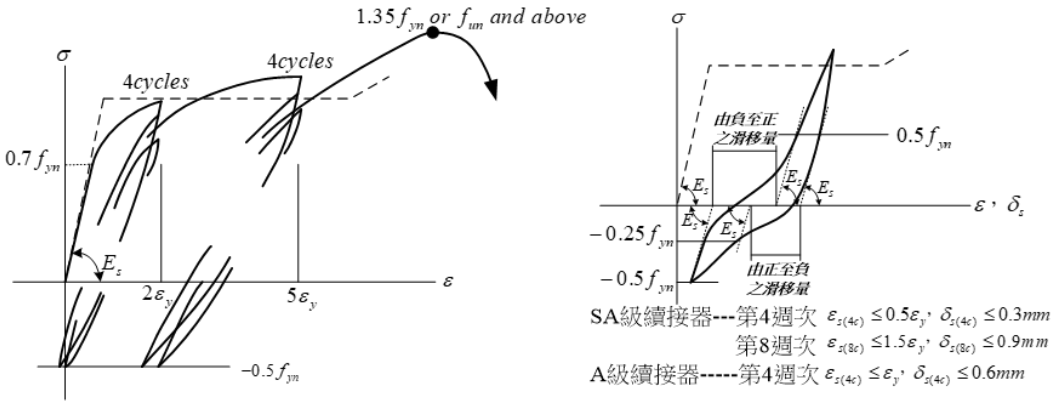
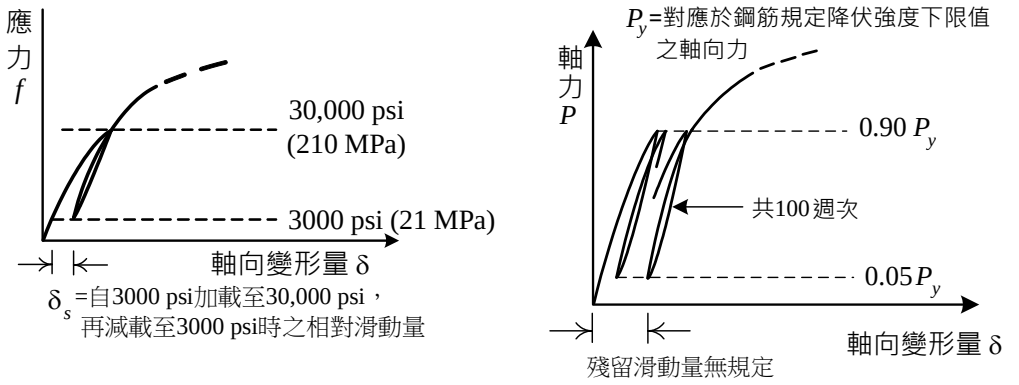


圖 1- 7 日規塑性域反復載重試驗

（資料來源：參考書目[20]）



(a) Slip test **(b) Cyclic test(Supplementary)**

圖 1- 8 California Test 670 之滑動試驗及重複負載試驗

（資料來源：參考書目[27]）

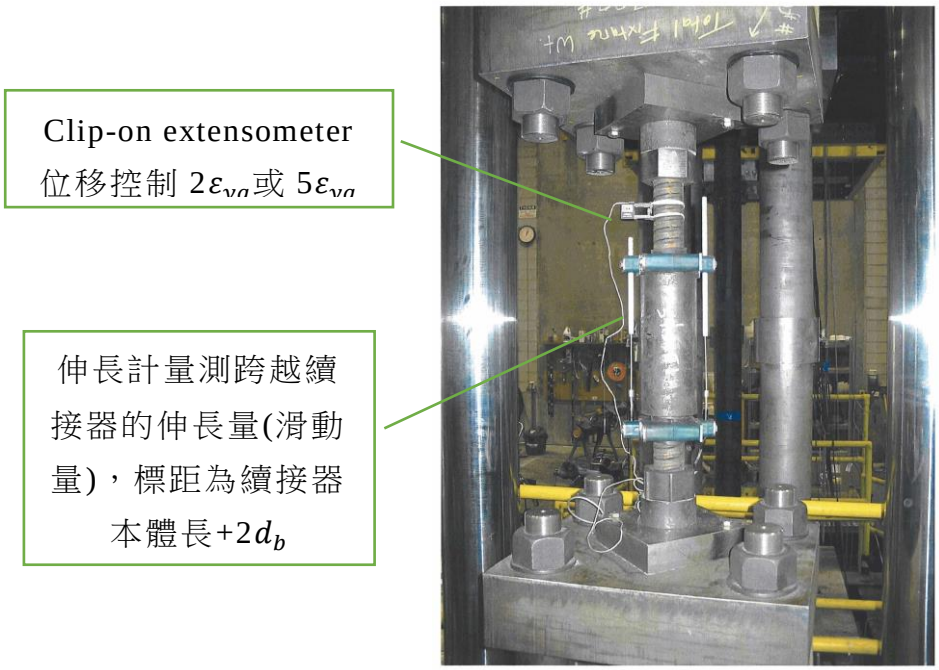


圖 1- 9 ICC-ES AC133 反復拉壓試驗佈置照片

（資料來源：參考書目[41]）

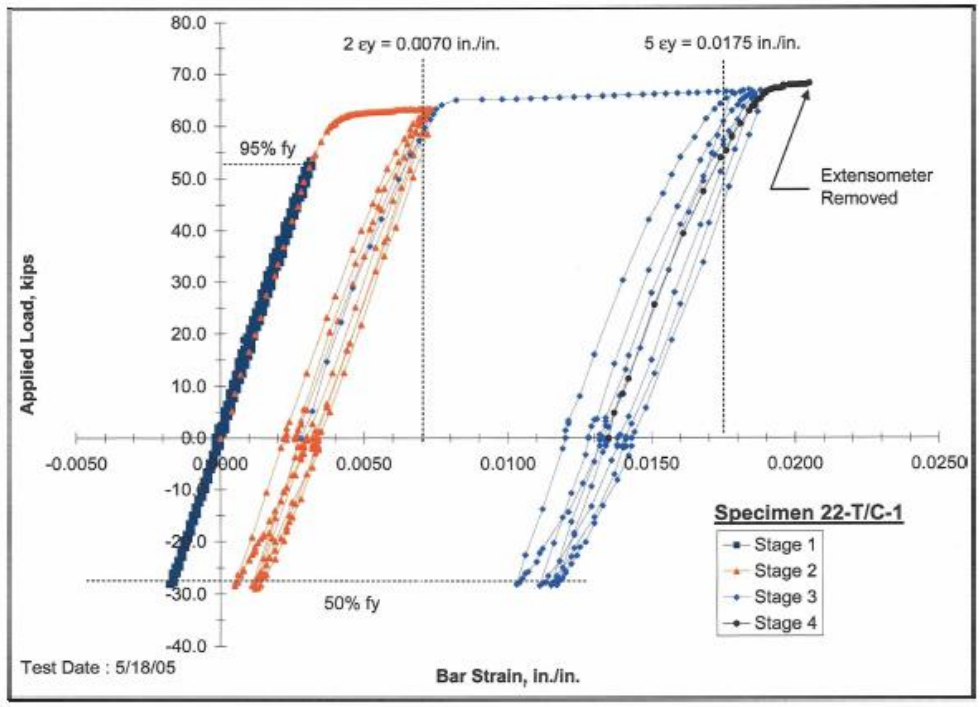


圖 1- 10 載重和被續接鋼筋應變之關係圖

（資料來源：參考書目[41]）

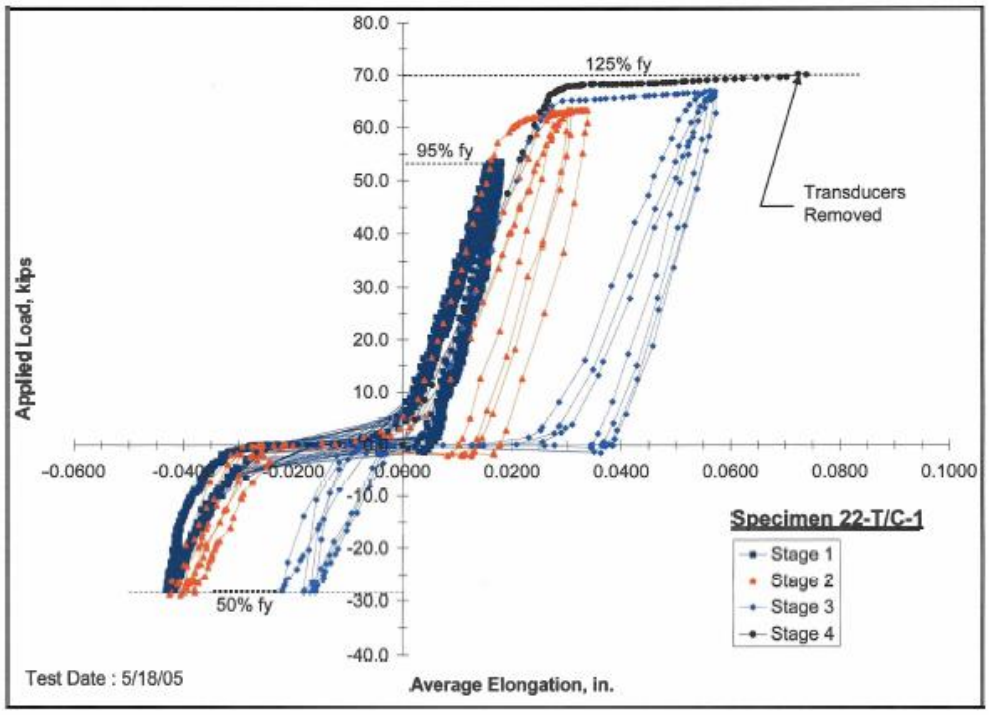


圖 1- 11 載重和跨越續接器之伸長量關係圖

（資料來源：參考書目[41]）

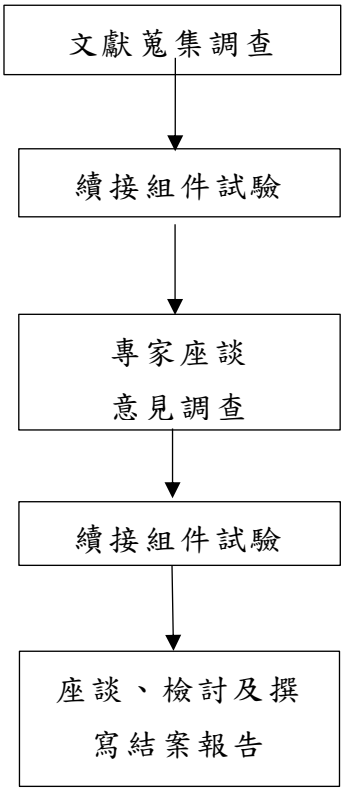


圖 1- 12 研究步驟

（資料來源：本研究製作）

第二章　高強度鋼筋機械式續接器性能研究

第一節　研究採用之方法

本研究內容包含資料蒐集、鋼筋機械續接性能試驗及規範增修條文之研擬。先說明建議的性能分級架構如表 2-1，分成第一類(B 級)、第二類(A 級)、和第三類(SA 級)，以因應不同工法和應用時機。所謂 SA 級係指續接後強度、變形及韌性與鋼筋母材相近，A 級續接後強度和變形與鋼筋母材相近，韌性較差，B 級續接後僅強度與鋼筋母材相近，其他性質不如鋼筋母材。B 級和 A 級相當於 ACI 318-19 規範[6]的第一類和第二類機械續接，SA 級則相當於 NIST 報告[29]建議之第三類機械續接。

原本 ACI 318-14 規範[5]架構是所有鋼筋等級第二類機械續接可以用於**任何位置**，即無條件限制，可用於地震時鋼筋可能降伏並承受多次反復非彈性應變之位置(塑鉸區)，不排除在同一斷面續接，不需要錯置，因此需要較第一類(B 級)更嚴格之施工品質檢驗。但 ACI 318-19 規範[6]開放使用高強度鋼筋，規範審議過程 ACI 318 委員會考慮美國鋼筋續接器檢驗過於寬鬆且無實績，決定 ACI 318-19 規範[6]不准許高強度鋼筋第二類機械續接用於鋼筋可能降伏區域，此款將扼殺高強度鋼筋續接器的使用，勢必需要調整。

我國鋼筋續接技術多半從日本引進，長久以來續接器規範一直以較嚴謹的日規為藍本，性能合格標準相當高，經過專家座談討論凝聚共識，一致建議提案參考日規區分 A 級(強接合)和 SA 級(韌性接合)續接以便因應不同工法對機械續接的需求，新增第三類嚴格要求韌性接合的 SA 級，若機械續接施工品質能受到有效的監督和查驗，應可允許第三類(SA 級)續接用於任何位置，不需錯置或遠離塑鉸區。

配套修正規範第 18 章機械式續皆適用時機，明確指出修正版規

範新增第三類(SA 級)機械式續接依 26.5.5 節額外規定係為使機械式續接可用於地震時鋼筋可能降伏並承受多次反復非彈性應變之位置。

除第三類(SA 級)機械式續接外，其他機械式續接應不使用於特殊抗彎矩構架之梁或柱接頭面起算兩倍構材深度範圍內，或因側向位移超過線性行為範圍外時，導致鋼筋可能降伏之臨界斷面處起算兩倍構材深度範圍內，**但容許使用於柱構材中央 1/2 淨高內**。

預鑄構造另有規定在規範第 18.6.2.1 節和 18.6.2.2 節，修正版強接合部(Strong connection)目的在接合部外產生撓曲降伏，預期鋼筋續接處不發生塑性降伏。強接合部鋼筋可採第二類(A 級)機械式續接使其連續穿過接合部。韌性接合部(Ductile connection)續接處預期會在接合部分產生撓曲降伏。韌性接合部鋼筋可採第三類(SA 級)機械式續接使其連續，或其他技術(如銲接)使其可以發揮韌性。

最後規範第 **18.6.2.3 節**，對於不符合第 18.6.2.1 節或第 18.6.2.2 節規定之預鑄混凝土造之特殊抗彎矩構架須符合(a)至(c)之規定：

(a) 提出如何建立設計流程以及如何透過分析與試驗加以驗證之程序。

(b) 實驗試體的細部配置與材料應能代表真實結構的情況。

(c) 用以設計實驗試體之設計流程應定義構架抵抗重力與地震效應之機制，且應建立維持該機制之可接受值。該機制偏離規範規定之部分應涵蓋於實驗試體中，且應加以測試以決定可接受值之上限。

對於某些預鑄用砂漿填充式套管，無法充分符合第三類 SA 級續接性能，卻又必須用於柱底塑鉸區之續接，可依 18.6.2.3 節經構件試驗證明其韌性符合耐震性能要求，仍可使用於塑鉸區，如 Ou 等人[42]之柱構件試驗顯示，用預鑄柱底 SD690 主筋全斷面用砂漿填充式套管續接能具有適當的耐震性能。在此構件試驗應按規定的構材耐震試驗程序辦理，ACI 374 建議的程序[43, 44]可做為圭臬，試體的細部與材料須能代表真實結構的情況，若有部分偏差，則該偏差須經專業評估對結構行為不會有負面影響亦可被接受。上述耐震構材試驗程序，需要研擬文字並納入規範之解說。

資料蒐集部分，目前相關台、美、日、歐規範和文獻蒐集全部完成，包含台灣較少人使用的歐規 ISO 15835 Steels for the reinforcement

of concrete — Reinforcement couplers for mechanical splices of bars —其內容大約是土木 401-86 附錄乙和日本繼手指針之綜合版，其 0.6Py 單方向拉伸滑動量的允收標準為 0.10 mm，高塑性反復負載試驗的滑動量彈性域 16 回允收標準同樣為 0.30 mm，但塑性域跟日本繼手指針相同是 **2 倍δ_y及 5 倍δ_y各 4 回。**

鋼筋機械續接組件測試，本研究規劃各項試驗依 CNS 15560 規定辦理，研究目標是 SA 級和 A 級續接試驗程序和合格標準。試驗裝置及加載程序如圖 R26.6.5.2 所示。另為量測續接處外兩側鋼筋之伸長率，試驗前於續接器兩側之鋼筋上各刻劃兩個標示點，標示點距離續接器兩端或夾具均不得小於 1 倍鋼筋標稱直徑d_b，此法可適用於各種樣式之機械式續接。續接器樣式非常多元，請詳閱 ACI 439.3R-07[45] 或文獻[46]，圖 2-1 是國內較常見的 SA 級或 A 級續接器，各有其適用的工法和情境，若以現行規範修正案作檢驗，某些 A 級續接套管可能無法充分滿足 SA 級要求，特別是高塑性反復負載試驗，是否可以用於構件塑鉸區，須依規範第 18.6 節辦理。

本研究預計測試日本及台灣製造之高強度鋼筋續接組件，試驗參數為鋼筋等級、號徑、續接器樣式和試驗程序等，續接組件總數約 100 組，涵蓋圖 2-1 四種樣式，550 MPa 和 690 MPa 等級大約各占一半。

本研究測試高強度鋼筋 SA 級機械式續接塑性域的負載程序，究竟要從表 1-1 在 **6 倍δ_y及 12 倍δ_y各 8 回，調整為 n 倍δ_y及 2n 倍δ_y各 8 回**，注意 TCI 版規範是 **2 倍δ_y及 5 倍δ_y各 4 回**，其中迴圈數一律取 8 回較保守，較困難的抉擇是 **n** 和 **2n** 如何調降，本研究建議取整數如表 2-2 所示。

第二節 採用研究方法之主因

本研究利用構件在等強度及等位移兩種原則下，觀察 420、550 與 690 MPa 等級鋼筋在構件斷面分析模擬下之應變情況，再以母材應力應變分析決定其塑性倍率，如下說明。

續接組件之塑性倍率 n 和 2n 取整數是必須的，若以慣用的強度等級 420 MPa、續接等級 SA 高塑性倍率 n=6、2n=12 為基準，在構件等強度情況下，舉 Visnjic 等人[47]測試的大尺寸鋼筋混凝土懸臂梁試體為例分析說明如下，斷面配筋如圖 2-2，D36 主筋應力應變關係和梁受反復載重之遲滯迴圈如圖 2-3 所示。2 號梁之符合 ACI 318-19 規範[6]第 18 章特殊抗彎矩構架梁耐震特別條款的標準梁試體。細節詳閱文獻[47]。

將 2 號梁斷面以 XTRACT 軟體作詳細的斷面分析，按實際箍筋和混凝土性質模擬圍束混凝土，並輸入 D36 主筋應力應變曲線，以 XTRACT 求得彎矩曲率關係，假設塑性鉸長度為 0.5h，可以將曲率積分為變位。初步分析結果比對如圖 2-4，其中黑色線為 2 號梁遲滯迴圈第三象限之包絡線，極限彎矩強度為 3148 kN-m，原設計推估最大可能彎矩是 2870 kN-m，接近 3%變位角發生撓曲破壞(混凝土壓碎、壓力筋挫曲控制)。

圖 2-4 中三條紅藍綠三條分析曲線，係表 2-3 三種不同條件輸入 XTRACT 斷面分析。分析 I 是原試驗 420 MPa 等級 D36 鋼筋和實測降伏強度，分析 II 改成等效拉力的 550 等級 D32 鋼筋和等效的降伏強度，分析 III 則是 690 等級 D29 鋼筋和等效的降伏強度。注意梁主筋總拉力是等值的。所以圖 2-4 分析結果降伏彎矩是一樣高的，但是因為高強度鋼筋硬固硬化增額強度($f_{ua}-f_{ya}$)其實跟普通強度鋼筋相近，故其抗降比會隨鋼筋等級提高而降低。注意表 2-4 第三欄 6.44：4.97：3.87 比值為 6.0：4.6：3.6，而第四欄為 12：10.3：9。所以我們初步建議表 2-2 之塑性倍率，但這還需要比對更多構材試驗結果。

除了斷面數值分析反推鋼筋應變，另一種方式是追蹤鋼筋的實測應變，如圖 2-5 所示 2 號梁頂層筋和底層筋應變歷時圖直到 2.9%變位角(最大強度點)，注意底層筋最大拉應變大約是 0.04，頂層筋是大約是 0.03，其 420 等級鋼筋實際降伏應變為 0.0025，0.04/0.0025 是 16 倍，0.03/0.0025 是 12 倍，與表 9 之分析在同一個數量級。由此比對可知此梁塑鉸區鋼筋塑性率達 12 倍以上已經接近撓曲破壞。我國現

有規範機械續接採用 12 倍塑性率作 8 回合反復後不得斷裂或有顯著滑動，再拉到破壞，是很嚴格的標準。相較 420 MPa 等級鋼筋的 12 倍塑性率，550 MPa 等級鋼筋等值調降為 10 倍，690 MPa 等級調降為 8 倍，是最簡單的建議。

本研究續採用余沛涵等人[48]所開發之 NewRC-Mocur2020 軟體進行構件模擬分析 To and Moehle[49]測試的四座標準梁試體，其梁斷面鋼筋配置及鋼筋應力應變曲線如圖 2-6 及 2-7 所示，觀察標準試體 SBH(主筋為 420 MPa 等級，T/Y=1.49)，並將軟體分析結果與 To 等人研究測試之 4 座梁試體側力變形包絡線圖 2-8 進行比較，結果如圖 2-9 至圖 2-12 所示，結果顯示程式分析值與試驗結果相當擬合，本研究利用 NewRC-Mocur2020 程式反推鋼筋應變在不同層間變位角下之結果，比對結果如表 2-5，其中將特別比較試體 SBH60(主筋為 420 MPa 等級，T/Y=1.49)及 SBH100(主筋為 690 MPa 等級，T/Y=1.26)之結果，注意在相同層間變位角，高強度 690 MPa 鋼筋與 420 MPa 鋼筋之應變並無太大差異，甚至前者略小於後者，例如在梁塑鉸達 2%層間變位角時，420 等級鋼筋應變約為 0.025，為標稱降伏應變之 0.025/0.0021=12 倍，而 690 等級鋼筋應變為 0.019，為標稱降伏應變的 0.019/0.00345= 5.5 倍，梁斷面分析顯示本研究建議 690 MPa 等級鋼筋高塑性反復負載試驗 2n 倍塑性率取 8 倍，仍相當保守。

除透過構件模擬分析鋼筋應變之外，本研究另採用 420、550 及 690 等級鋼筋母材進行高塑性反復負載試驗，其載重位移曲線如圖 2-13 表示，結果如表 2-6，其中塑性倍率的決定如表 2-2 進行，雖然在進行第 24 及第 32 圈時高強鋼筋以較低之塑性倍率(n=5 或 4)進行試驗，但結果顯示出高強度鋼筋應變皆高於 420 MPa 等級鋼筋之應變，在此塑性倍率執行下相比於 420 MPa 等級鋼筋仍較為嚴格。

本研究先執行高強度鋼筋機械續接組件試驗後，依原建議之程序執行高塑性域反復負載試驗，了解台灣製造鋼筋續接器之性能水

準，彙整後辦理專家座談，決定建議分成第三類 SA 級、第二類 A 級和第一類 B 級的性能分級條款，納入我國新版規範第 18 章和 26 章。

表 2- 1 鋼筋機械續接組件性能分級

續接性能分級		Type 1 (B 級)	Type 2 (A 級)	Type 3* (SA 級)
抗拉強度		≥ $1.25f_y$	≥ $1.25f_y$ 且 ≥ f_u	≥ $1.25f_y$ 且 ≥ f_u
續接組件與母材鋼筋之對比	強度	○	○	○
	變形(滑動量)		○	○
	韌性(伸長率)			○
地震時鋼筋可能降伏區域**		禁止使用	有條件使用	無條件使用

○表示性能與母材鋼筋相近。

*討論後決定分成三級，新增第三類 SA 級。

**鋼筋可能降伏之臨界斷面處起算兩倍構材深度內。

（資料來源：本研究製作）

表 2- 2 SA 級機械式續接塑性域的負載程序(草案)

鋼筋等級	塑性倍率 n	塑性倍率 2n	迴圈數
420 MPa	6	12	8
550 MPa	5	10	8
690 MPa	4	8	8

（資料來源：本研究製作）

表 2- 3 不同等級鋼筋模擬 2 號梁斷面

分析假設	鋼筋等級、號徑	f_{ya} (MPa)	f_{ua} (MPa)	抗降比
I	420、D36	503	723	1.44
II	550、D32	620	840	1.35
III	690、D29	787	1007	1.28

（資料來源：本研究製作）

表 2- 4 不同分析假設反算之鋼筋應變塑性率

分析假設	鋼筋等級	M_{pr}=2870 kN-m $\varepsilon_{Mpr}/\varepsilon_{ya}$	M_{max}=3140 kN-m $\varepsilon_{Mmax}/\varepsilon_{ya}$
I	420	6.44	11.76
II	550	4.97	10.07
III	690	3.87	8.87

註：ε_{Mpr}為對應M_{pr}之拉力筋應變，ε_{Mmax}為對應M_{max}之拉力筋應變

（資料來源：本研究製作）

表 2- 5 不同層間變位下試體之鋼筋應變

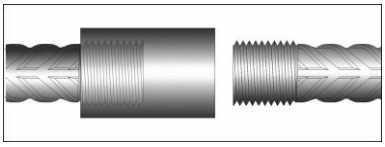
DRIFT RATIO	鋼筋應變			
	SBH-60	SBH-100	SBL-100	SBM-100
2%	0.025	0.019	0.019	0.017
3%	0.041	0.035	0.034	0.030
4%	0.056	0.051	0.051	0.046

（資料來源：本研究製作）

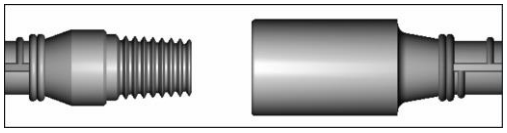
表 2- 6420 與 550 等級母材鋼筋應變比較

鋼筋等級(MPa)		420	550	690
塑性倍率 n		6	5	4
24 圈降伏應變 $(n\delta_y)$	標稱	0.0126	0.0138	0.0138
	實際	0.0127	0.0146	0.0147
32 圈降伏應變 $(2n\delta_y)$	標稱	0.0252	0.0275	0.0276
	實際	0.0247	0.0283	0.0285

（資料來源：本研究製作）



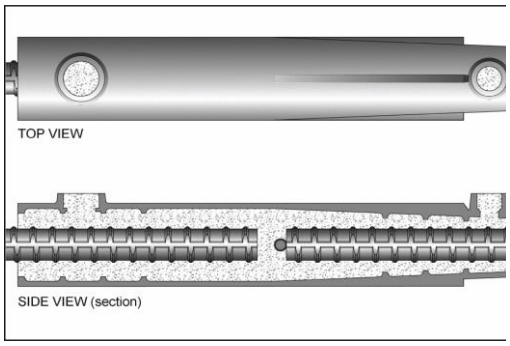
(a)冷鍛擴頭滾牙螺紋接頭



(b) 摩擦銲接續接器具錐螺紋接頭



(c)螺紋節鋼筋續接器充填砂漿或樹酯



(d)砂漿填充續接套管

圖 2- 1 國內常見的續接器或續接套管

（資料來源：參考書目[46]）

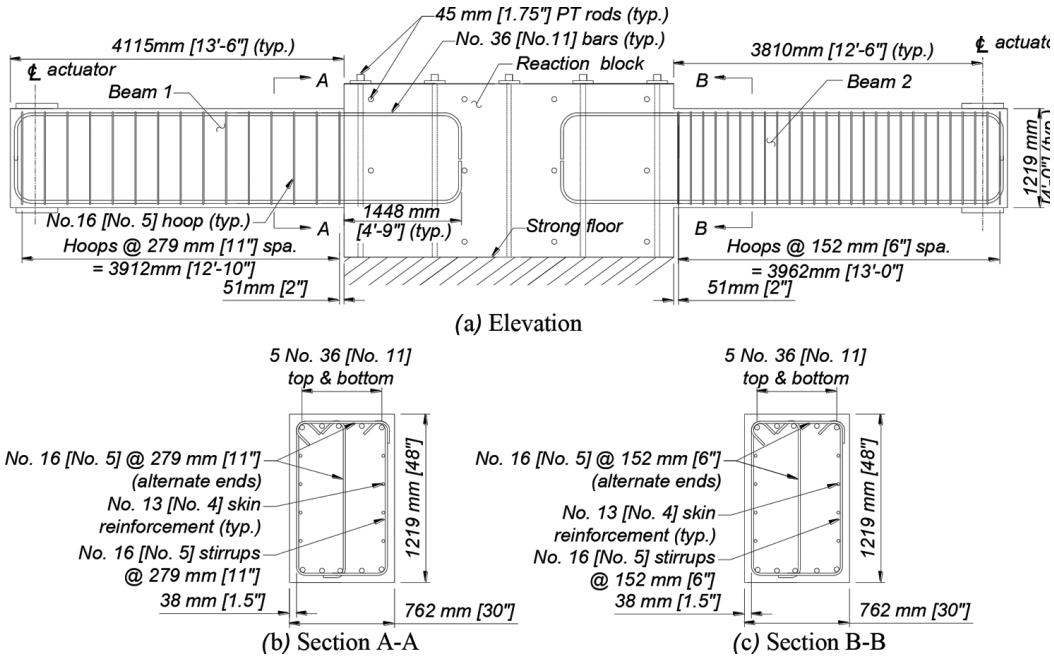
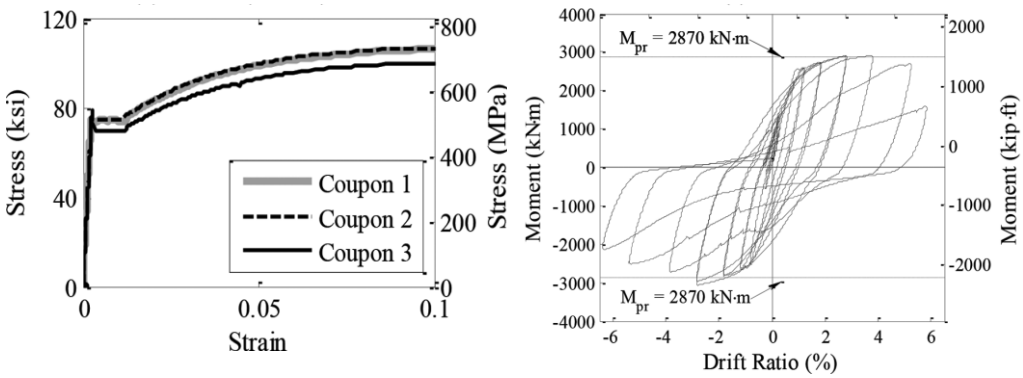


圖 2- 2 大尺寸鋼筋混凝土懸臂梁試體斷面配筋

（資料來源：參考書目[44]）



(a) D36(#11)鋼筋應力應變曲線　　(b) Beam 2 之遲滯迴圈

圖 2- 3 鋼筋拉伸和二號梁試驗結果

（資料來源：參考書目[44]）

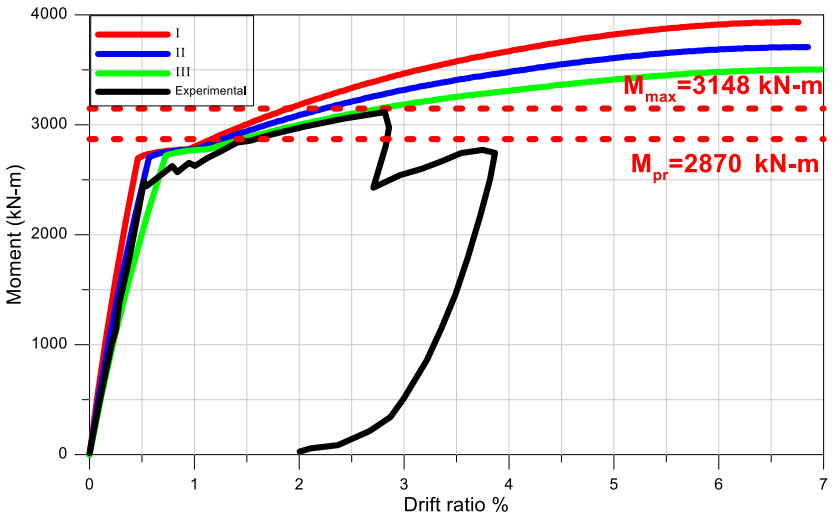


圖 2- 4 二號梁試驗結果與斷面分析結果之比較

（資料來源：參考書目[44]）

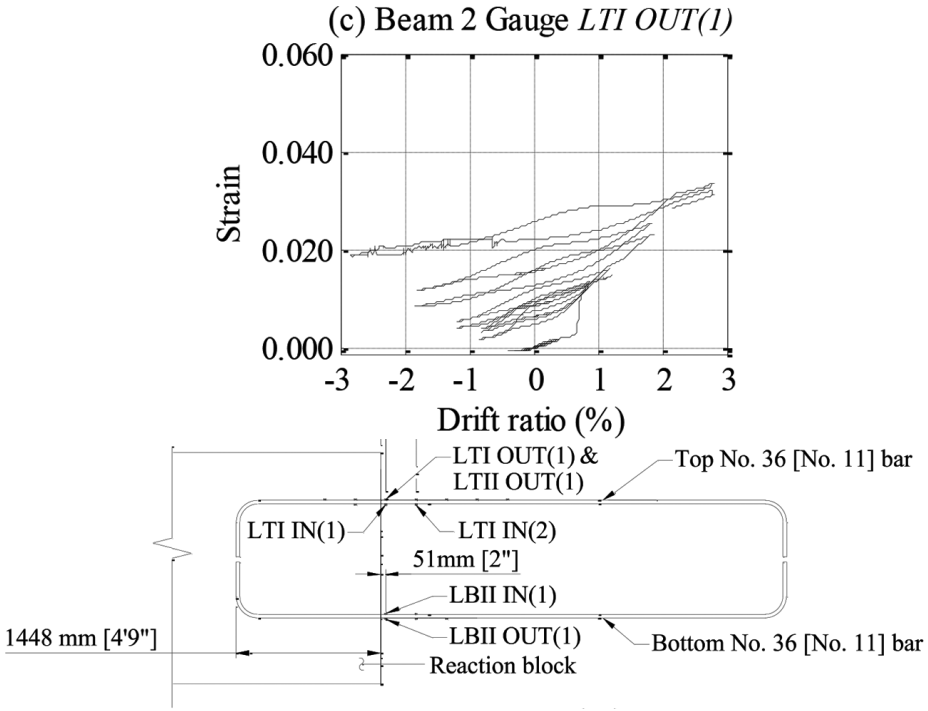


圖 2- 5 二號梁試體主筋應變歷時圖

（資料來源：參考書目[44]）

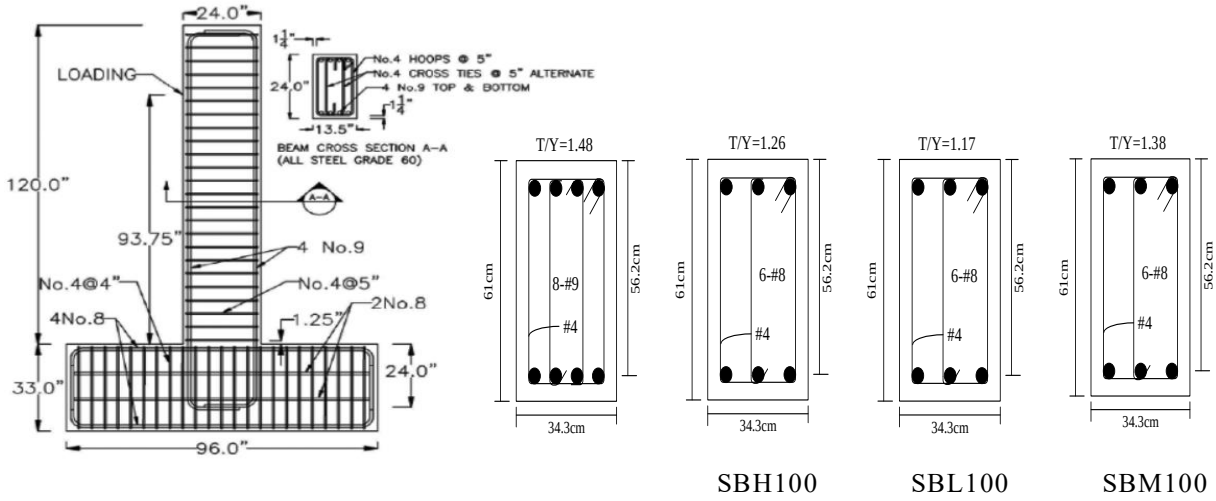


圖 2- 6 鋼筋混凝土梁試體斷面配筋

（資料來源：參考書目[49]）

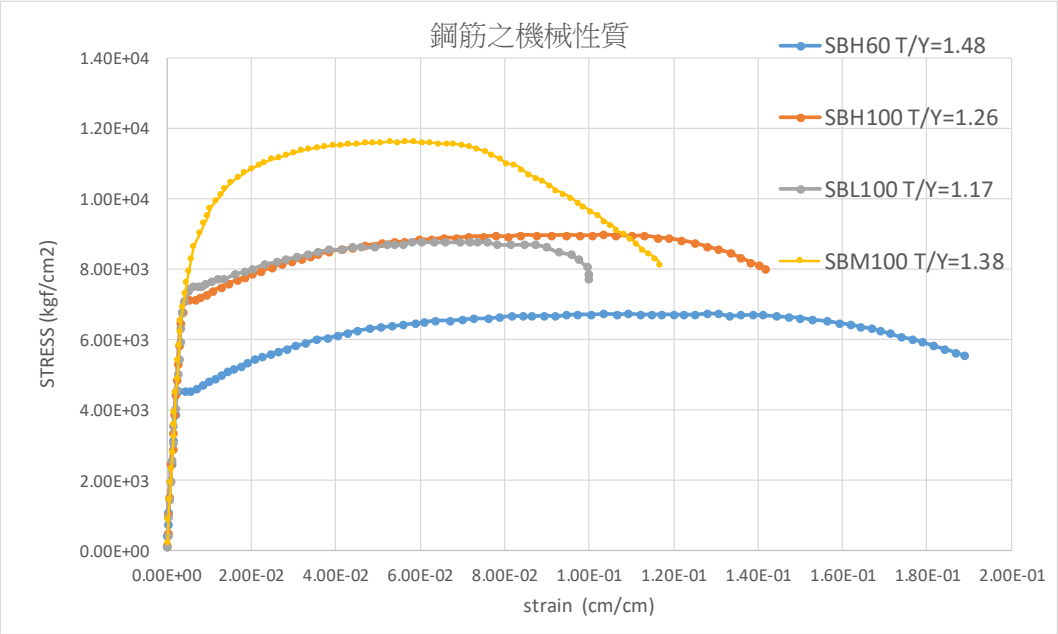


圖 2- 7 鋼筋應力應變曲線圖

（資料來源：參考書目[48, 49]）

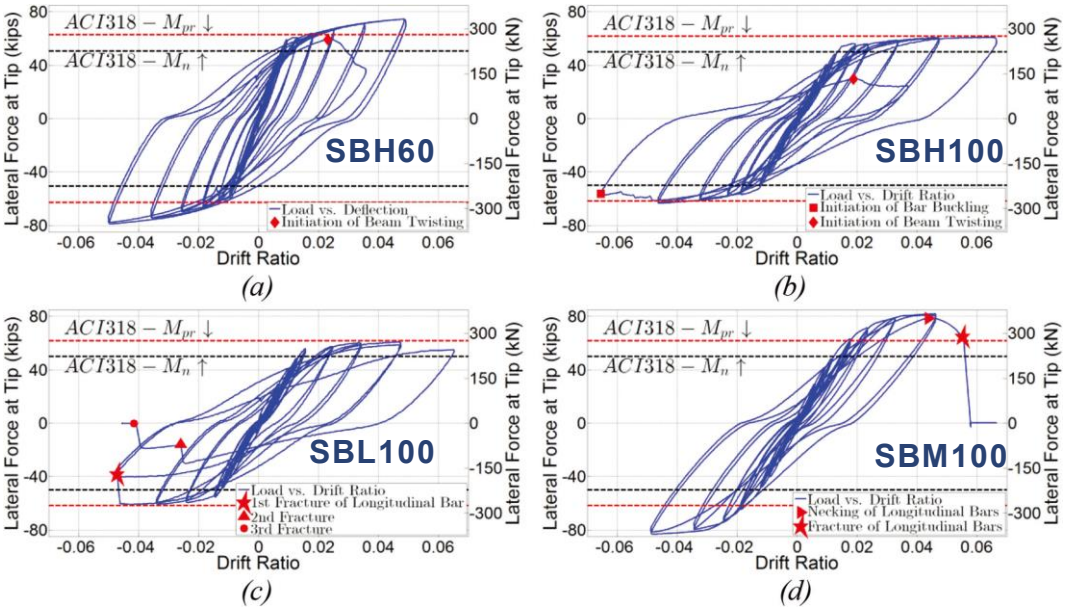


圖 2- 8 梁試體載重-層間變位角遲滯迴圈

（資料來源：參考書目[49]）

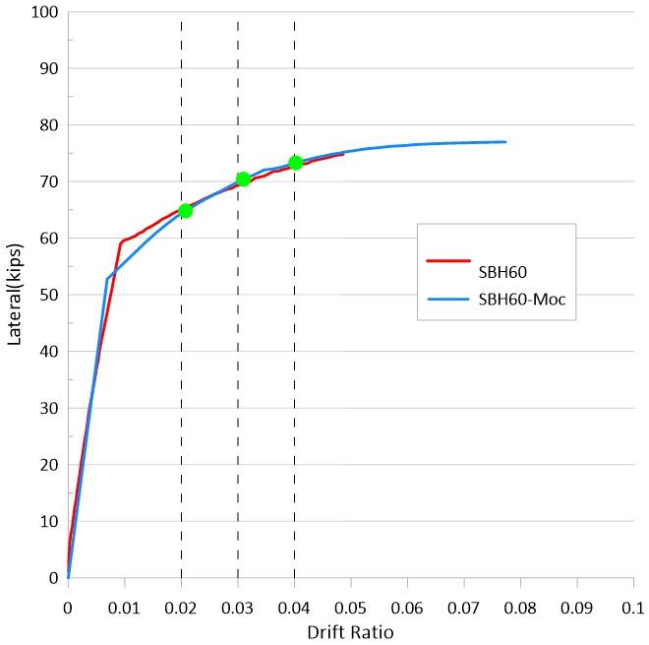


圖 2- 9 梁 SBH60 側力變形包絡線程式與試驗比較圖

（資料來源：本研究製作）

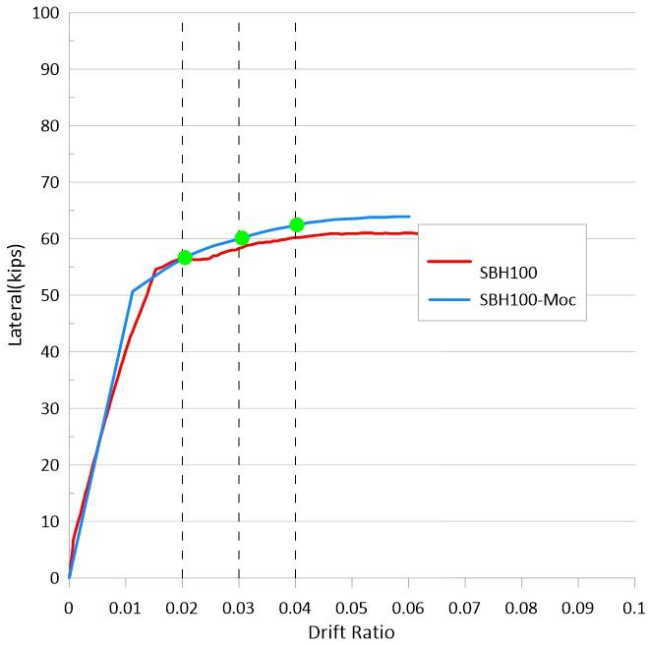


圖 2- 10 梁 SBH100 側力變形包絡線程式與試驗比較圖

（資料來源：本研究製作）

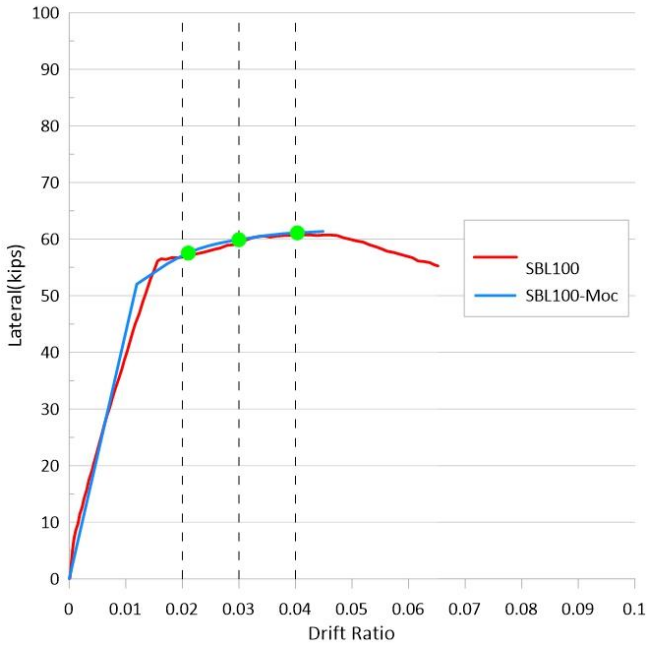


圖 2- 11 梁 SBL100 側力變形包絡線程式與試驗比較圖

（資料來源：本研究製作）

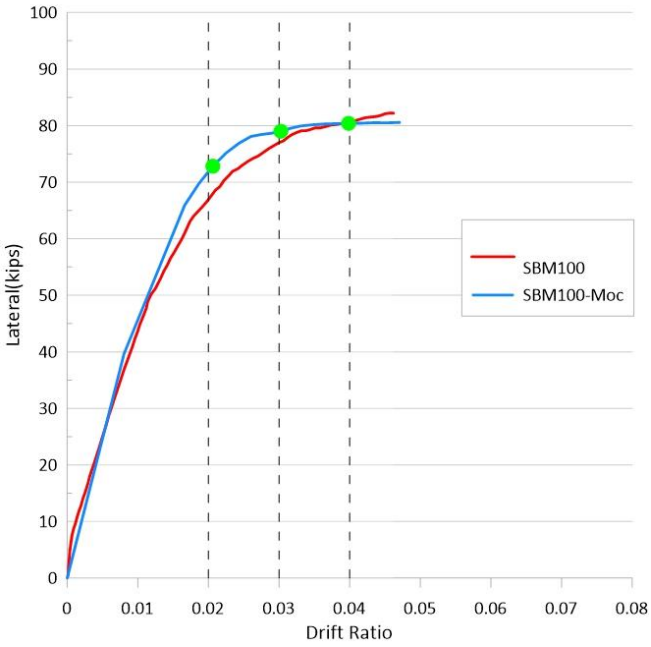


圖 2- 12 梁 SBM100 側力變形包絡線程式與試驗比較圖

（資料來源：本研究製作）

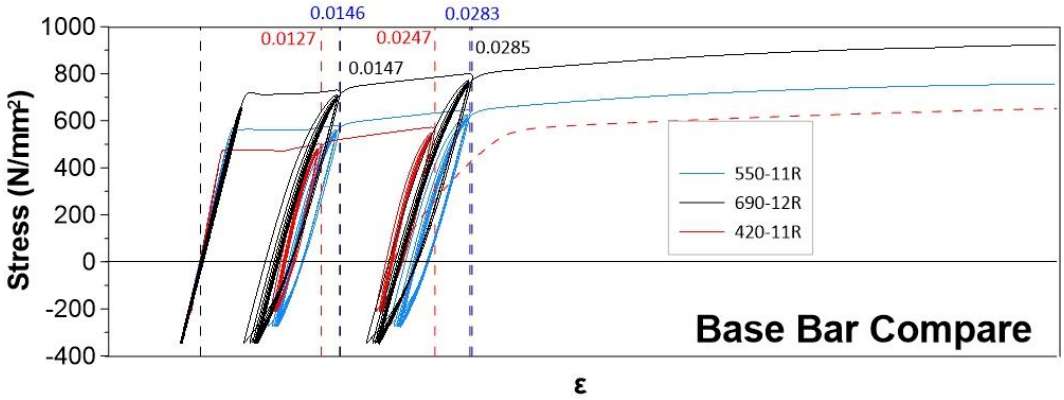


圖 2- 13 鋼筋母材反復應力應變曲線之比較

（資料來源：本研究製作）

第三章 SD550W 鋼筋續接組件試驗結果分析

本研究完成 51 組 SD 550 鋼筋機械續接組件之高塑性反復負載試如表 3-1 所示，詳細試驗細節、佈置、數據和圖形詳閱附錄一。高強度鋼筋 SD690 及其他樣式的續接器試驗，將於下一章節介紹。

第一節　試驗計劃

本節說明試驗計畫。本研究向台灣和日本已量產高強度鋼筋之鋼筋廠取樣鋼筋母材，製作不同樣式的續接組件，依自訂之負載程序如圖 3-1 執行高塑性反復負載試驗。每批次續接組件試驗，原則上有母材鋼筋對照組試驗。

在施作續接器高塑性反復負載試驗時，常因被續接鋼筋與續接器軸度不同產生歪斜之情況如圖 3-2，此現象極有可能造成施作續接器高塑性反復負載試驗時發生挫屈現象，且對於續接組件的滑動量有一定程度上之影響，因此本研究另做同軸度試驗計畫量測被續接鋼筋與續接器同軸度，並觀察同軸度與滑動量之關係。

試驗佈置原則上依循 CNS 15560[12]，量測被續接鋼筋伸長率之標距固定為 3D，而跨越續接處之 LVDT 標點距離則容許為續接器本體長加 2D 至 6D，本章報告之試驗標點距離取上限主要為本體長加 6D，分批取樣試驗之結果，依整理於附錄一。擇要報告如后。

第二節試驗結果與討論

壹、擴頭滾牙鋼筋續接組件

擴頭滾牙式鋼筋續接組件，適用於現場組立工法，大約在 10 倍δ_y同時達到規定抗拉強度f_u值(滿足 SA 級強度要求)，擴頭滾牙螺紋接頭在塑性域較最後面 10 倍δ_y的第 32 回有較顯著的滑動量，圖 3-3 顯示試件中雖有低同軸度之樣本出現，但歪斜對於金屬類螺紋接合續接器組件較無影響，經本研究試驗後其結果皆符合 SA 級允收標準，細項試驗結果及續接器細節請詳見附錄一之 A.1。

貳、摩擦銲接鋼筋續接組件

摩擦銲接式鋼筋續接，適用於現場組立工法，如同擴頭滾牙型續接組件大約 10 倍δ_y達到規定抗拉強度f_u值(滿足 SA 級強度要求)，且同軸度問題對於金屬類續接器組件影響較小，受惠於續接組件以扭力扳手施加標稱扭矩(依號數不同)鎖緊，彈性域 16 回滑動量通常不顯著，試驗關鍵在於在塑性域較最後面 10 倍δ_y的第 32 回滑動量是否超標，經本研究試驗後其結果皆符合 SA 級允收標準，各項試驗結果請詳見附錄一之 A.2 及 A.3。

參、螺紋節鋼筋續接組件

螺紋節鋼筋續接器需要充填砂漿，開發用於預組工法，其砂漿標稱強度 60 MPa 以上，但仍無法完全抑制鋼筋與續接器間之相對滑動，注意其 16 回、24 回和 32 回滑動量都較為顯著，施工時要嚴格控管砂漿充填品質，試驗時要特別注意滑動量。應力在拉伸超過 5 倍δ_y至 10 倍到δ_y之間達規定抗拉強度f_u值(滿足 SA 級強度要求)，故相同程序對螺紋節鋼筋是相對嚴格的。經本研究試驗後其結果大致符合 SA 級允收標準，但仍有不符合允收標準之試件，在填充類續接組件(螺紋節鋼

筋續接器、砂漿填充式續接套管)數據中，同軸度不佳的試樣有較高的或然率出現不合格結果，其關係如圖 3-4。經內部檢討和第一次專家座談會研商，建議將滑動量允收標準，改為差異滑動量，即第 16 圈扣除第 1 圈滑動量，以此降低續接組件歪斜於第一圈時整直所造成的初始滑動量影響了最後的判定結果，本研究整理圖 3-5 為同軸度與差異滑動量比對圖，可發現若採用差異滑動量，則所有續接組件皆達 SA 級續接器允收標準，各項試驗結果請詳見附錄一之 A.4 至 A.6。

肆、螺紋節鋼筋砂漿充填式續接套管

砂漿充填式續接套管(商品名稱 TOPS JOINT)，開發用於預鑄工法，需要的填充砂漿標稱強度高達 120 MPa 以上，最主要用於續接柱主筋，其構材塑性轉角需求低於梁構材。經高塑性反復負載試驗顯示，其彈性域 16 回滑動量通常不顯著，由於#13(D41)鋼筋續接套管本體長度達 570 mm (伸長計標點距離長達 818 mm)，因其續接套管本體勁度遠高於被續接鋼筋，故塑性變形幾乎都集中在本體外 (818-570= 248 mm，約佔標距的 30%)，故實際被續接鋼筋的塑性倍率可能還要再乘上 3 倍。比較相同強度之螺紋節鋼筋續接器及螺紋節鋼筋砂漿充填續接套管，圖 3-6 為螺紋節鋼筋續接器試驗曲線(本體長 280 mm、標點距離 528 mm)，圖 3-7 為螺紋節鋼筋砂漿充填續接套管試驗曲線(本體長 570 mm、標點距離 818 mm)，雖然塑性倍率同樣是 5 倍δ_y及 10 倍δ_y，但是

$$\delta_y = \varepsilon_y \times L_g$$

其中ε_y為標稱降伏應變，L_g為伸長計標點距離。

因為續接套管本體的勁度遠高於被續接鋼筋，實驗觀察其塑性變形集中於被續接鋼筋，導致圖 3-7 的續接鋼筋實際塑性倍率高於圖 3-6 者，注意其縱軸之差異，圖 3-7 續接套管在 5 倍δ_y處應力即以達到

規定抗拉強度f_u值(滿足第二類續接強度要求)，但螺紋節鋼筋續接器圖 3-6 在 5 倍δ_y處應力尚未達f_u值，顯示續接套管的鋼筋應變硬化程度較高。到了 10 倍δ_y處續接套管口的砂漿因鋼筋塑性降伏貫入而破裂，終究導致鋼筋拔出破壞(pullout)而未斷筋，多數試驗無法完成 10 倍δ_y共 8 回的反復試驗，被續接鋼筋伸長率量測值在 4%到 5%之間，故彈性域 16 回的差異滑動量檢驗對續接套管不是問題，問題在於如何確保管口砂漿不崩壞能支持到抗拉強度甚至斷筋，施工時應確保填充砂漿之拌合和填充品質，或針對管口設計特製鐵件提高局部圍束。

砂漿充填式續接套管(商品名稱 TOPS JOINT)部分#13 號試體未能充分達 SA 級要求續接鋼筋伸長至少 6%，初步判定為 A 級續接性能，其伸長率合格標準建議訂在 B 級和 SA 級之間，參考日規[20]和土木 401-86 附錄乙[11]，建議 A 級之續接鋼筋伸長率訂在 4%，且省略最後 8 回 2n 倍δ_y迴圈。本研究取樣的 TOPS JOINT 試體其續接性能判定為 A 級，與日本方面判定相同。

本研究將砂漿充填續接套管分三批次進行，其中齡期較長之試驗組件在鋼筋伸長率上有明顯提升，量測值介於 9.6%到 20.6%之間，各項試驗結果請詳見附錄一之 A.7。

表 3- 1 550 MPa 等級鋼筋機械續接試驗一覽表

續接器製造商	續接器種類 (550 MPa)		完成數	判定	附錄索引
常基	擴頭滾牙螺紋接頭	8R	3	SA 級	1-1
		10R	3		
東和鋼鐵	摩擦銲接續接器	11R	3	SA 級	1-2
豐興鋼鐵(母材) 蘭州工程(續接)	摩擦銲接續接器	11R	3	SA 級	1-3
東京鉄鋼	螺紋節鋼筋續接器(砂漿填充)	12R	12	SA 級	1-4
		13R	12		1-5
東和鋼鐵	螺紋節鋼筋續接器(砂漿充填)	11R	3/6	SA 級	1-6
東京鉄鋼	續接套管(砂漿充填)	13R	12/12	A 級	1-7

註：完成試驗數目為續接組件，不含對造組鋼筋母材。

（資料來源：本研究製作）

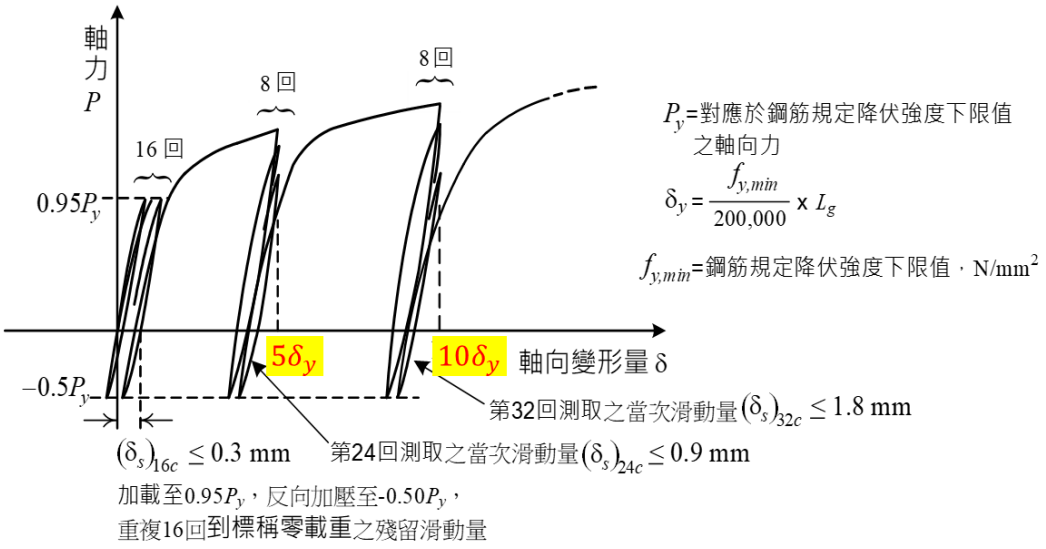


圖 3- 1 550 MPa 鋼筋續接組件高塑性反復負載試驗程序

（資料來源：本研究製作）



圖 3- 2 鋼筋續接組件歪斜示意圖

（資料來源：本研究製作）

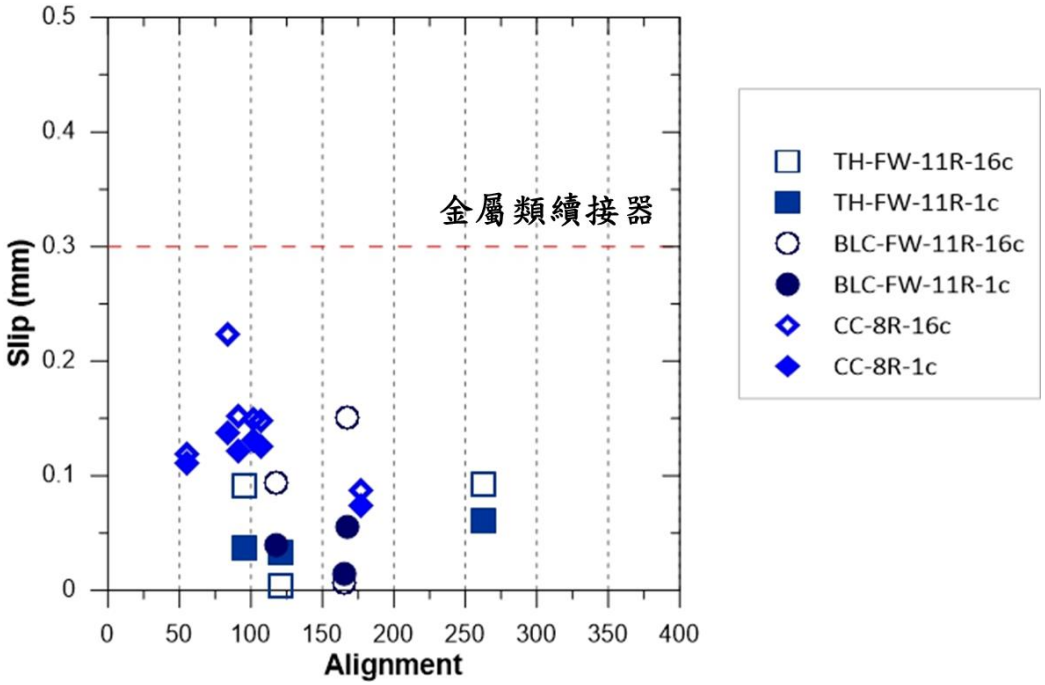


圖 3- 3 SD550W 金屬類續接組件同軸度與滑動量比較圖

（資料來源：本研究製作）

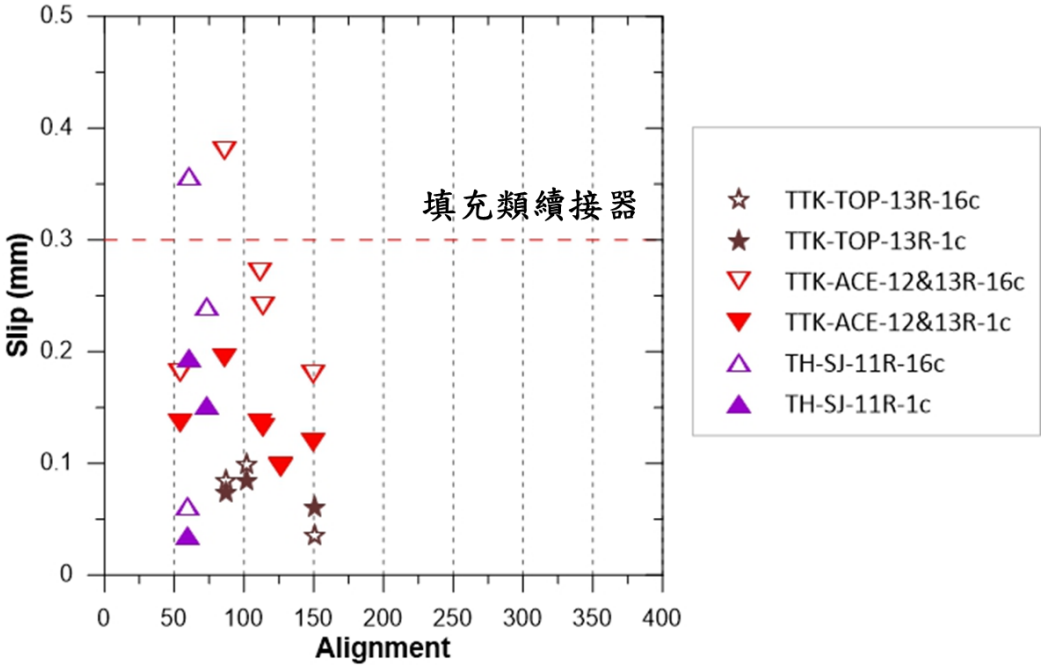


圖 3- 4 SD550W 填充類續接組件同軸度與滑動量比較圖

（資料來源：本研究製作）

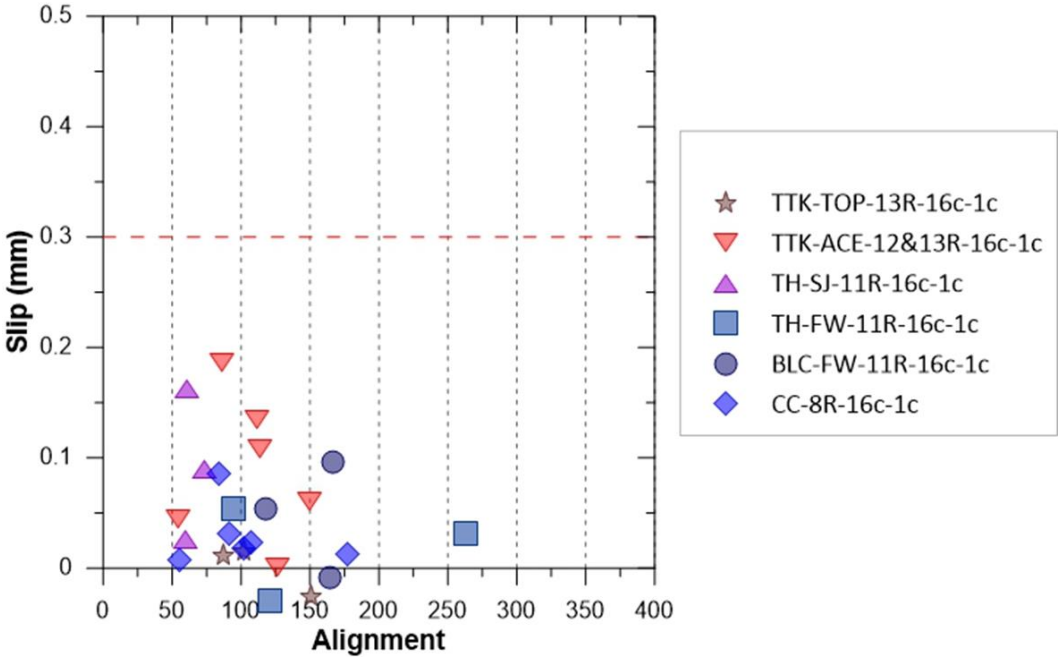


圖 3- 5 SD550W 續接組件同軸度與差異滑動量比較圖

（資料來源：本研究製作）

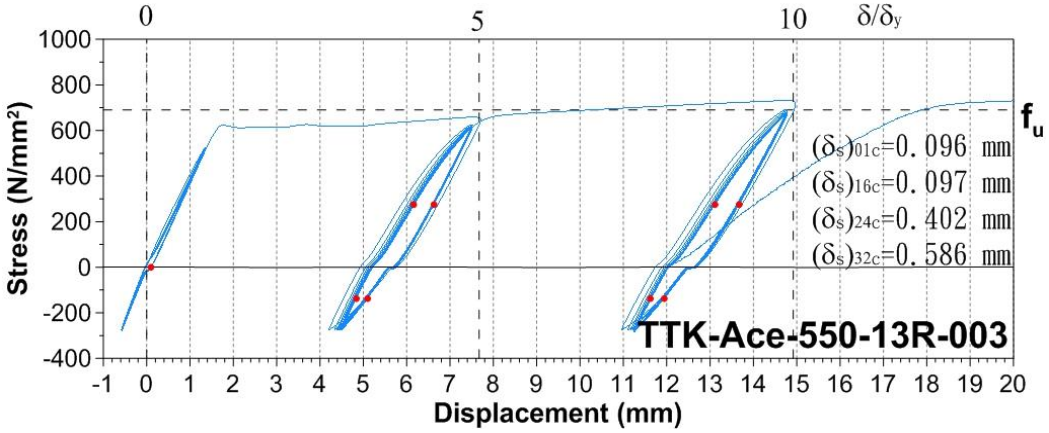


圖 3- 6 550 MPa 等級#13 螺紋節鋼筋續接器試驗曲線

（資料來源：本研究製作）

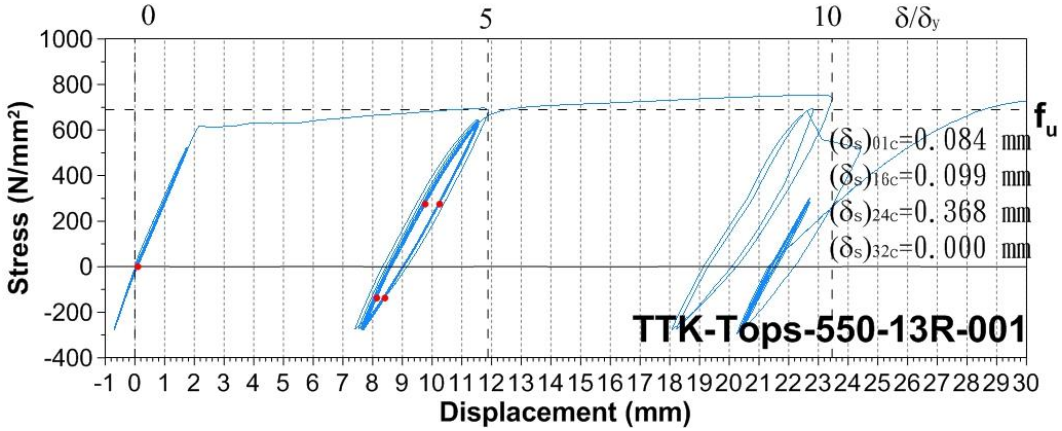


圖 3- 7 550 MPa 等級#13 螺紋節鋼筋砂漿填充續接套管試驗曲線

（資料來源：本研究製作）

第四章 SD690 鋼筋組件試驗結果分析

為檢討〔混凝土結構設計規範修正版〕第 26.6.5 節是否能延伸適用於 690 MPa 等級鋼筋機械續接，本研究已測試砂漿填充式螺紋節鋼筋續接器、砂漿充填式續接套管之高塑性反復負載試驗共 56 組如表 4-1，試驗結果詳見附錄二。

第一節　試驗計劃

本節說明試驗計畫。本研究陸續向台灣和日本取樣高強度鋼筋母材，製作不同樣式的續接組件，依自訂之負載程序如圖 4-1 進行試驗。每批次續接組件試驗，原則上有母材鋼筋對照組試驗。

在 690 MPa 等級續接組件中，本研究觀測仍有被續接鋼筋與續接器同軸度不佳有歪斜情況，因此同 550 MPa 組件進行同軸度檢驗，量測被續接鋼筋與續接器同軸度，並觀察其滑動量做出比較。

試驗佈置原則上依循 CNS 15560[12]，量測被續接鋼筋伸長率之標距固定為 3D，而跨越續接處之 LVDT 標點距離則容許為續接器本體長加 2D 至 6D，本章報告之試驗標點距離取上限主要為本體長加 6D，分批取樣試驗之結果，依整理於附錄二。擇要報告如后。

第二節　試驗結果與討論

壹、螺紋節鋼筋續接組件

同前章所介紹 550 MPa 等級螺紋節鋼筋砂漿填充式續接組件，須

較注意其 16 回、24 回和 32 回滑動量，施工時要嚴格控管砂漿充填品質，試驗時要特別注意滑動量。應力在拉伸超過 4 倍δ_y至 8 倍到δ_y之間達規定抗拉強度f_u值(滿足 SA 級強度要求)，故相同程序對螺紋節鋼筋是相對嚴格的。經本研究試驗發現相較於 550 MPa 等級續接組件，690 MPa 等級試樣在低同軸度情況下其第 16 回滑動量更不穩定，有更多不符合允收標準之試件產生，其關係圖如圖 4-2，經專家座談會後決議將原先第 16 圈滑動量允收標準，改為差異滑動量，即第 16 圈扣除第 1 圈滑動量，減少續接組件歪斜整直過程中造成的意外滑動量，整體數據作圖 4-3 為同軸度與差異滑動量之比對，可發現所有 690 MPa 等級續接組件皆可達 SA 級續接器允收標準 0.3 mm 以內，各項試驗結果請詳見附錄二之 B.1 至 B.3，附錄二之 B.4 同為螺紋節鋼筋續接組件但為原負載程序(n=6)。

貳、螺紋節鋼筋砂漿充填式續接套管

日本廠商開發的砂漿充填式續接套管(商品名稱 TOPS JOINT)主要用於預鑄工法，需要填充砂漿之標稱強度高達 120 MPa 以上，最主要用於續接柱主筋。同前章研究結果顯示，其彈性域 16 回滑動量通常也不顯著，比較相同強度等級之螺紋節鋼筋續接器及砂漿充填續接套管，圖 4-4 為螺紋節鋼筋續接器試驗曲線，圖 4-5 為砂漿充填續接套管試驗曲線，塑性倍率皆為 4 倍δ_y及 8 倍δ_y，觀察二圖縱軸之差異同樣顯示續接套管的鋼筋應變硬化程度較高，達 8 倍δ_y處續接套管口的砂漿因鋼筋塑性降伏貫入而破裂，終究導致鋼筋拔出破壞(pullout)而未斷筋，多數試驗無法完成 8 倍δ_y共 8 回的反復試驗，被續接鋼筋伸長率量測值在 4%到 5%之間，故滑動量檢驗對續接套管不是問題，關鍵在於如何確保抗拉強度，特別是抑制管口砂漿避免過早崩壞，施工時應確保填充砂漿之拌合和填充品質，或是設法對於管口的砂漿提

供補強。

690 MPa 等級砂漿充填續接套管(TOPS JOINT)通常未能達 SA 級要求使被續接鋼筋伸長率達 6%以上，現有試驗數據伸長率大約 4%以上，續接性能判定為 A 級，參考日規和土木 401-86 附錄乙，建議 A 級鋼筋續接伸長率訂在 4%，且只須完成 24 回滑動量檢測即可直接拉至破壞。

同前章將砂漿充填續接套管分三批次進行，其中齡期較長之試驗組件在鋼筋伸長率級強度上略有提升，各項試驗結果詳見附錄二之 B.5 及 B.6，附錄二之 B.7 同為螺紋節鋼筋砂漿充填式續接套管組件，但為原草案負載程序(n=6)，過於嚴苛，故結果僅供參考。

表 4- 1 690 MPa 等級鋼筋機械續接試驗一覽表

續接器製造商	續接器種類 (690 MPa)		完成數	判定	附錄索引
東京鉄鋼	螺紋節鋼筋續接器(砂漿填充)	12R	12	SA 級	2.1
		13R	12	SA 級	2.2
東和鋼鐵	螺紋節鋼筋續接器(砂漿填充)	10R	3	SA 級	2.3
潤弘精密工程	螺紋節鋼筋續接器	10R	3	SA 級	2.4
東京鉄鋼	續接套管(砂漿填充)	13R	12/12	A 級	2.5
潤弘精密工程	續接套管(砂漿填充內含加勁材)	10R	6/6	SA 級	2.6
潤弘精密工程	續接套管(砂漿填充)	10R	6/6	B 級	2.7

註：完成試驗數目為續接組件，不含對造組鋼筋母材。

（資料來源：本研究製作）

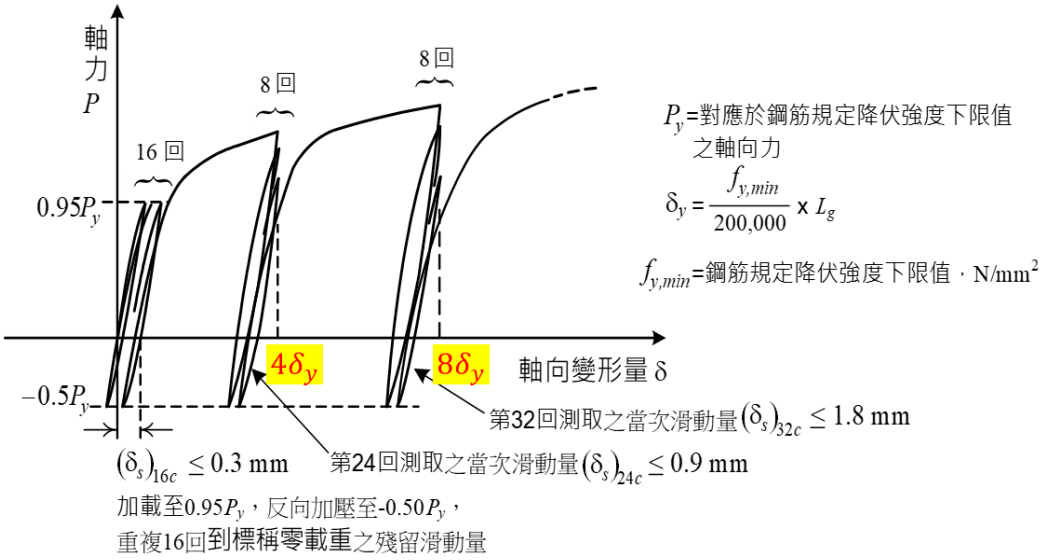


圖 4- 1 690 MPa 鋼筋續接組件高塑性反復負載試驗程序

（資料來源：本研究製作）

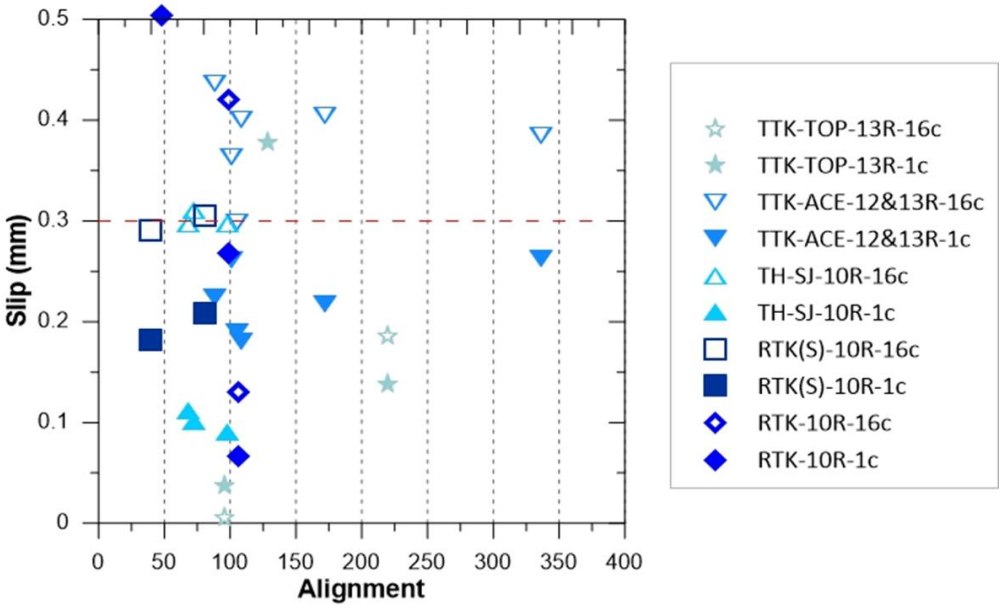


圖 4- 2 690 MPa 續接組件同軸度與滑動量比較圖

（資料來源：本研究製作）

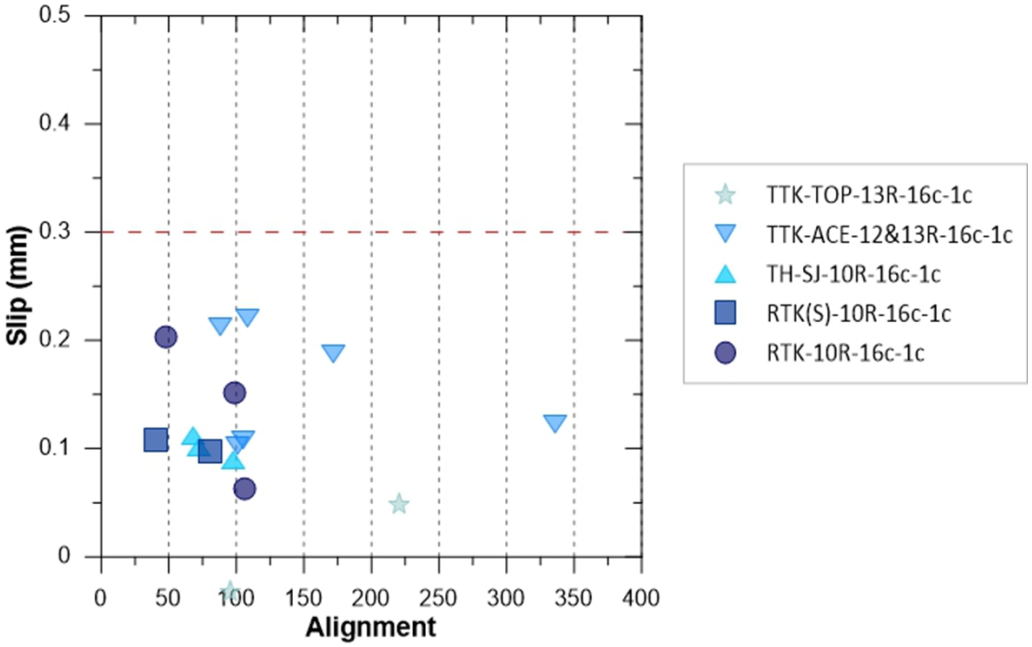


圖 4- 3 690 MPa 續接組件同軸度與差異滑動量比較圖

（資料來源：本研究製作）

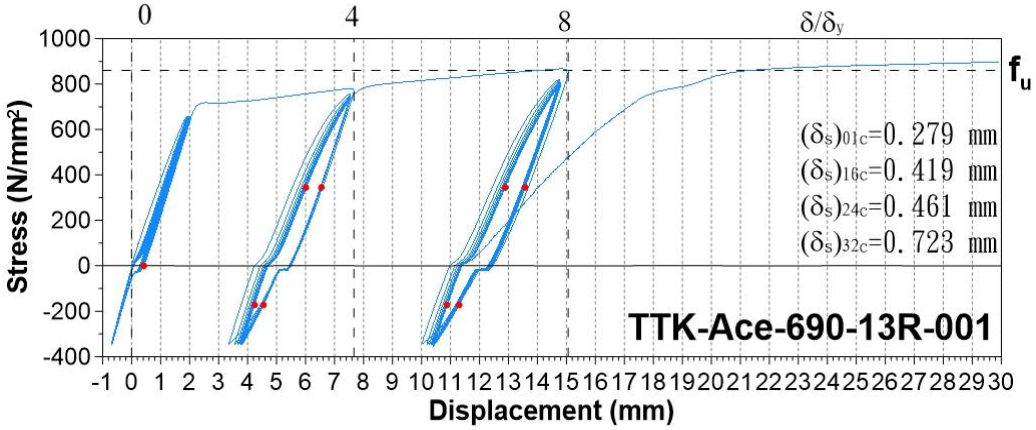


圖 4- 4 690 MPa 等級#13 螺紋節鋼筋續接器試驗曲線

（資料來源：本研究製作）

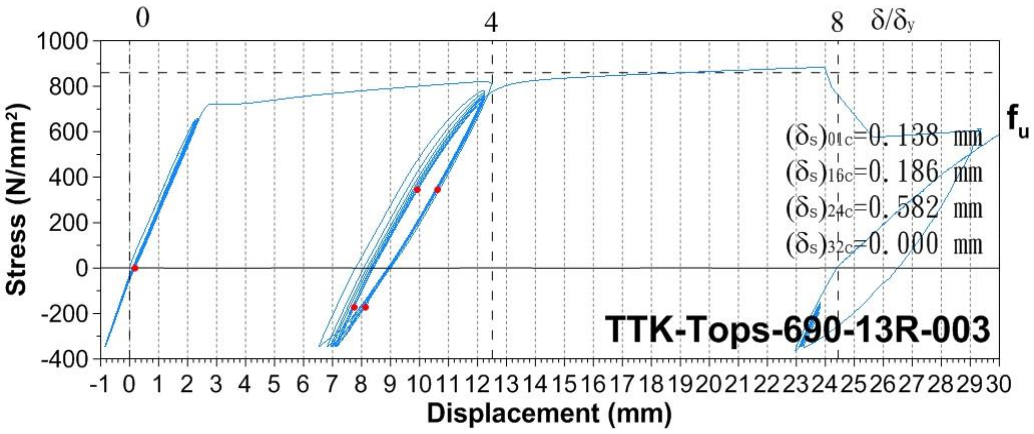


圖 4- 5 690 MPa 等級#13 螺紋節鋼筋砂漿填充續接套管試驗曲線

（資料來源：本研究製作）

第五章 結論與建議

第一節　結論

國人房屋住宅多數為鋼筋混凝土造，近年來都會區建築物有趨向高樓化，需要使用較大號徑或較高強度鋼筋，因此鋼筋使用機械式續接較美國更為普遍。目前我國已有一套較美規更嚴謹的機械式續接檢驗和合格標準，經 105 及 106 年本所辦理之研究計畫納入新版規範草案，惟續接器部分未能涵蓋強度等級超過 500 MPa 之高強度鋼筋，致使新版草案雖允許耐震結構系統使用高強度鋼筋，卻欠缺高強度鋼筋機械式續接之檢驗合格標準，亟待補充實驗研究後納入 2020 年審議中之〔混凝土結構設計規範修正版〕。

本研究比對美日歐等國之鋼筋機械續接規範，我國目前審議中的〔混凝土結構設計規範修正版〕第 26.6.5 節雖已規定鋼筋機械式續接之檢驗頻率及合格標準，包含性能判別、施工檢查、取樣頻率、試驗程序及合格標準，可以讓業界有所依循，惟其中表 26.6.5.2 的高塑性反復負載試驗程序，先在彈性域(0.95Py↔ -0.5Py)間重複 16 回，再拉伸至 6 倍δy後再反向加壓至-0.50Py 重複 8 回，接著續再拉伸至 12 倍δy再重複 8 回，累計 32 回，最後再拉伸至破壞。上述彈性域重覆負載考慮的是較常遭遇的小震，結構物維持在彈性階段，6 倍δy約略是考慮在中震時構材已經產生塑性鉸，該位置鋼筋可能需要的塑性伸長率，最後 12 倍δy則約莫在大震時構材塑性鉸可能需要的塑性伸長率。

對於 550 MPa 或更高強度等級鋼筋續接，6 倍δy及 12 倍δy各 8 回有過於嚴苛之情形，需要檢討調整。根據本研究檢討梁塑性鉸彎矩曲率分析結果顯示，當鋼筋強度等級提高至 550 MPa 等級時，高塑性

反復負載試驗程序約莫調降為 5 倍δy及 10 倍δy各 8 回，鋼筋強度等級 690 MPa 時，高塑性反復負載試驗約為 4 倍δy及 8 倍δy各 8 回。

本研究按 CNS 15560 試驗法及自訂的試驗程序，計執行 100 餘組續接組件之高塑性反復負載試驗，測試涵蓋場鑄和預組、預鑄工法可能使用的續接樣式，包含擴頭滾牙續接器、摩擦銲接續接器、砂漿填充式螺紋節鋼筋續接器、砂漿充填式續接套管等，檢討高塑性反復負載試驗程序和允收標準，就現有之研究資料，具體建議如后。

第二節　建議

建議一

立即可行建議：於〔混凝土結構設計規範修正版〕第 18 章及 26 章修定鋼筋續接器試驗程序及續接性能合格要求：

主辦機關：內政部建築研究所

協辦機關：中國土木水利工程學會

新版〔**混凝土結構設計規範修正版**〕第 18.2.7 節及 26.6.5 節僅將機械式續接分為第一類和第二類，鋼筋機械式續接試驗合格標準如表 26.6.5.2 所列，適用f_y不超過 5,000 kgf/cm^2 [490 MPa]之鋼筋，且高強度鋼筋第二類續接使用位置受限。

首先，本研究建議放寬f_y適用範圍至 7,000 kgf/cm^2 [690 MPa]之鋼筋，配套修正試驗程序和表 26.6.5.2 之合格標準，新增第三類(SA級)機械式續接要求為韌性接合，可用於地震時鋼筋可能降伏並承受多次反復非彈性應變之位置。

其次表 26.6.5.2 高塑性反復負載試驗之加載程序，迴圈數維持不變，但塑性倍率初步建議為 n 倍δ_y及 2n倍δ_y各 8 回，對於 f_y≤4,200 kgf/cm^2 [420 MPa]之鋼筋，塑性倍率 n=6；f_y=5,600 kgf/cm^2 [550 MPa]之鋼筋，塑性倍率 n=5；f_y=7,000 kgf/cm^2 [690 MPa]之鋼筋，塑性倍率 n=4。

最後，為因應鋼筋趨向於大號徑和長套管，續接組件試樣可能有同軸度不佳的現象，導致高塑性反復負載試驗第 1 回因矯直導致殘餘滑動量異常超標現象，然此現象與機械續接最終之韌性無顯著關連，為簡化試驗收件和避免不必要的拒收或重驗問題，經本研究蒐集各方意見和檢討數據，建議高塑性反復負載試驗彈性域 16 回殘餘滑動量評估，修正為第 16 回對第 1 回之差異滑動量(相對滑動量)，允收標準

不變仍為 0.3 mm，以免因續接組件同軸度不佳導致誤判續接性能。

各類型續接組件使用時機，在現場組立及預組工法中，SA 及續接器可使用於構材任何位置，如圖 5-1 所示。A 級與 B 級續接組件使用位置如圖 5-2 及圖 5-3，不應使用於特殊抗彎矩構架之梁或柱接頭面起算兩倍構材深度範圍內，或因側向位移超過線性行為範圍外時，導致鋼筋可能降伏之臨界斷面處起算兩倍構材深度範圍內，但容許使用於柱構材中央 1/2 淨高內。其中受拉構材使用 B 級續接組件時相鄰續接組件必須錯開 75 公分以上，而 A 級及 SA 級續接組件雖無強制規定，但仍鼓勵相鄰續接組件錯開 75 公分以上。在預鑄工法中，SA 級續接器為韌性接合部時，除應離梁接頭面 1/2 構材深度之外可使用於任何位置如圖 5-4，A 級續接器為強接合部如圖 5-5 顯示，而 B 級續接器同前圖 5-3 顯示位置進行續接且相鄰續接組件必須錯開 75 公分以上。本研究案所包含之新版〔**混凝土結構設計規範修正版**〕章節條文詳見附錄九。

建議二

立即可行建議：舉辦鋼筋機械續接施工品管檢驗相關研究課題之成果發表會

主辦機關：內政部建築研究所

協辦機關：國立雲林科技大學

近年來鋼筋機械式續接技術大有進步，因應高強度鋼筋需求及預組預鑄工法也有各種等級樣式之續接器可供選擇，本研究已於109 年 11 月 13 日於內政部建築研究所 15 樓舉辦成果說明會。本次說明會將介紹我國混凝土設計規範之變革，著重於開放高強度鋼筋之使用所帶來之改變，本案藉由進行多組高強度鋼筋機械式續接器觀察試驗數據後，訂定新版高強度鋼筋機械式續接合格標準，並針對其設計、施工、檢驗進行說明，且一併對於鋼筋續接擴頭錨定之相關進行解說，期望各界設計及施工單位對於新版混凝土結構規範中高強度鋼筋機械式續接器及鋼筋續接擴頭錨定各項細節充分瞭解，各項細節詳見附錄八。

建議三

立即可行建議：修正工程會施工綱要規範 03210 章鋼筋第 2.2 節機械式續接

主辦機關：公共工程委員會

協辦機關：台灣營建營建院

工程會施工綱要規範 03210 章最新版 V5.0[10]雖然已經跟 CNS 15560 試驗法相符，但主要的高塑性反復載重之試驗程序和允收標準，仍是依據 20 年前的土木 401-86 附錄乙規範[11]，亟待更新比照我國新版混凝土設計規範修正版第 26.6.5 節。因此本研究修改條文並修訂工程會施工綱要規範 03210 章 V6.0 修正草案。其條文修正草案詳見附錄十。

表 5- 1 新版混凝土結構設計規範修正版

26.6.5 節鋼筋機械式續接試驗合格標準

試驗項目	加載程序	指標	合格標準		
			第三類 (SA 級)	第二類 (A 級)	第一類 (B 級)
高塑性反復負載試驗	0→(0.95P_y ↔ -0.5P_y)×16 回→(nδ_y ↔ -0.5P_y)×8 回→(2nδ_y ↔ -0.5P_y)×8 回→拉至破壞[2]	抗拉強度	≥ 1.25f_y 且 ≥ f_u	≥ 1.25f_y 且 ≥ f_u	不適用
		滑動量 $(\delta_s)_{16c} - (\delta_s)_{1c}$	≤ 0.3 mm	≤ 0.3 mm	不適用
		滑動量 $(\delta_s)_{24c}$	≤ 0.9 mm	≤ 0.9 mm	不適用
		滑動量 $(\delta_s)_{32c}$	≤ 1.8 mm	不適用	不適用
		續接處外鋼筋之伸長率[1]	≥9%，鋼筋尺度 D32 以下	≥ 4%	不適用
			≥6%，鋼筋尺度 D36 以上		

[1]續接處外兩側鋼筋伸長率之較大值。

[2]第二類(A 級)完成 24 回後可拉至破壞；

fy≤4,200 kgf/cm2 [420 MPa]之鋼筋，塑性倍率 n=6；

fy=5,600 kgf/cm2 [550 MPa]之鋼筋，塑性倍率 n=5；

fy=7,000 kgf/cm2 [690 MPa]之鋼筋，塑性倍率 n=4。

（資料來源：本研究製作）

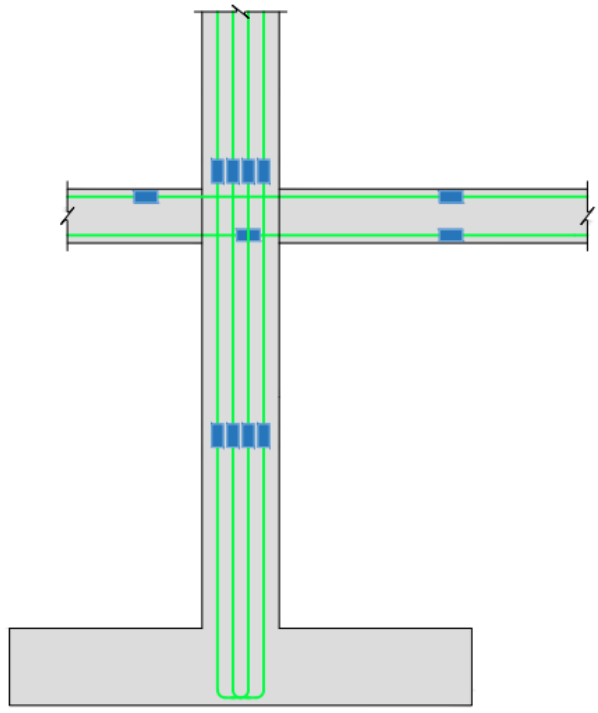


圖 5- 1 現場組立及預組工法 SA 級續接器使用位置

（資料來源：本研究製作）

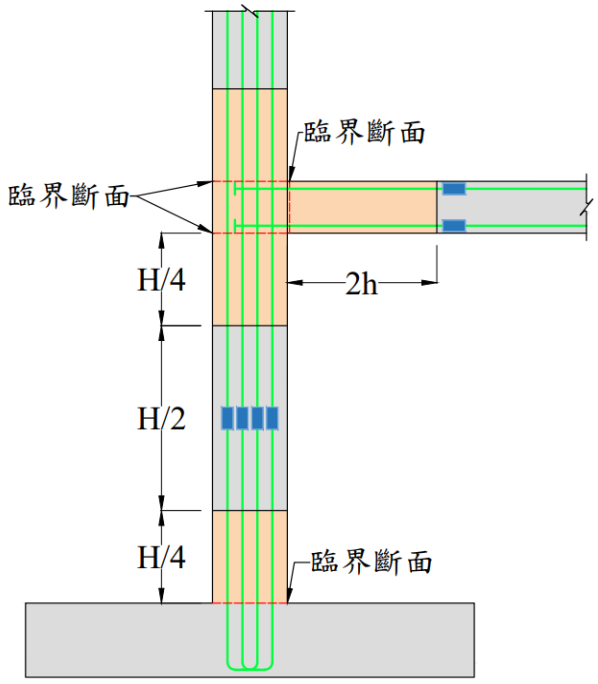


圖 5- 2 現場組立及預組工法 A 級續接器使用位置

（資料來源：本研究製作）

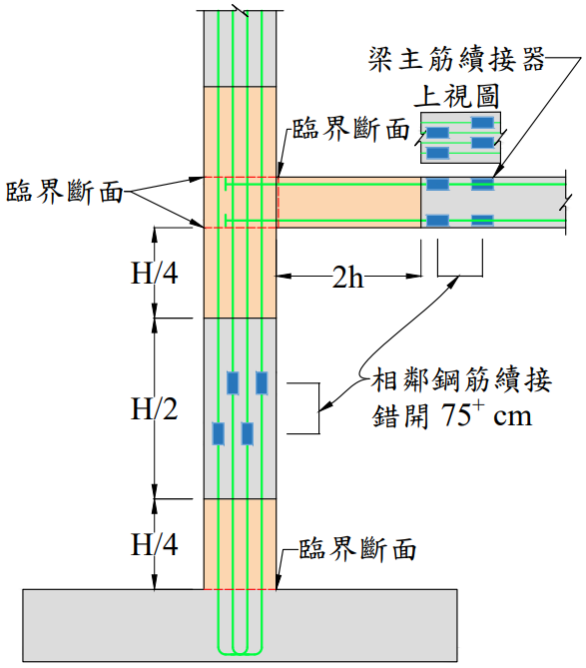


圖 5- 3 現場組立及預組工法 B 級續接器使用位置

（資料來源：本研究製作）

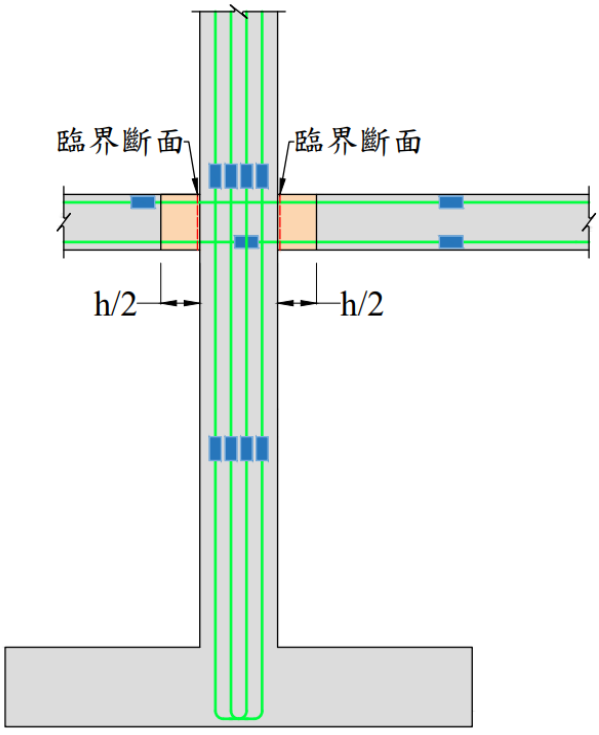


圖 5- 4 預鑄工法 SA 級續接器使用位置

（資料來源：本研究製作）

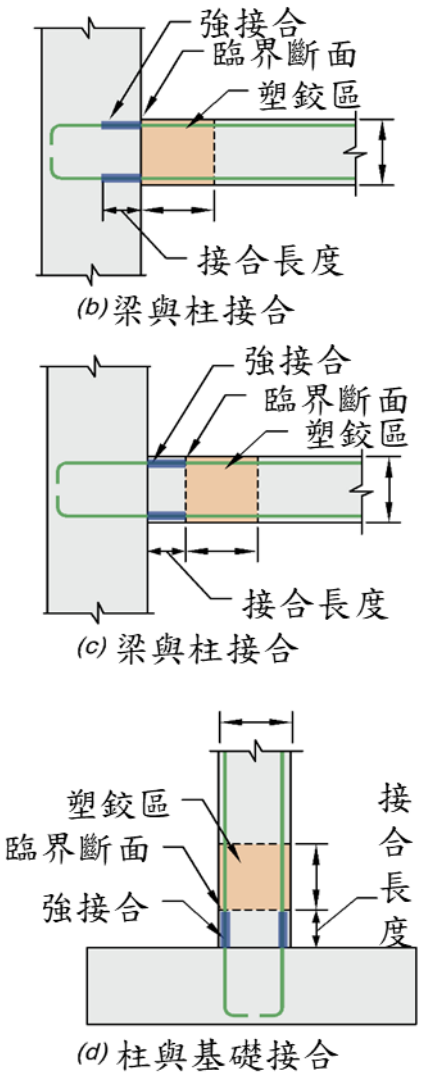


圖 5- 5 預鑄工法 A 級續接器使用位置

（資料來源：混凝土結構設計規範修正案）

附錄一 SD550W 續接組件試驗

A.1 SD550W 擴頭滾牙續接組件試驗

供料廠商：常基股份有限公司
取樣編號：CC-STD-550-8&10R

續接器組件及母材試驗報告

A.1.1 高塑性反復負載試驗目的

為因應 SD550W 鋼筋成為一般建築耐震構材用鋼筋，需要一個官方統一版本的續接器性能合格標準。儘管目前我國已有一套較美日更嚴謹的機械式續接檢驗和合格標準，但不適用較高強度鋼筋，需要補充實驗研究調整機械式續接的檢驗和合格標準，使新版規範更趨完備嚴謹。

A.1.2 高塑性反復負載試驗試體

此次高塑性反復負載試驗試體包含 SD550-8R 及 SD550-10R 以表 A.1.2.1 表示。

表 A.1.2.1 續接器試體一覽表

試體編號	續接形式	續接鋼筋
CC-STD-550-8R-01	擴頭滾牙	SD550W D25 竹節
CC-STD-550-8R-02	擴頭滾牙	SD550W D25 竹節
CC-STD-550-8R-03	擴頭滾牙	SD550W D25 竹節
CC-STD-550-10R-01	擴頭滾牙	SD550W D32 竹節
CC-STD-550-10R-02	擴頭滾牙	SD550W D32 竹節
CC-STD-550-10R-03	擴頭滾牙	SD550W D32 竹節

A.1.3 高塑性反復負載試體製作

(1)鋼筋:

採用竹節鋼筋 SD550W-D25 及 SD550W-D32 兩種

(2)續接器:

採用常基股份有限公司出產之標準型續接器，接收試件即為完成品故無內部資訊，其詳細構造洽此公司型錄。

(https://chang-chi.com.tw/?action=index)

A.1.4 高塑性反復負載試驗方法

本試驗規劃各項試驗參考 CNS 15560，並擬定新規範辦理用以適用於 490 MPa 以上之鋼種，其允收標準以表 A.1.4.1 表示。試驗裝置及加載程序如圖 A.1.4.2 及圖 A.1.4.3 表示。

表 A.1.4.1 各級續接器允收標準

試驗項目	加載程序	指標	合格標準		
			第三類 (SA 級)	第二類 (A 級)	第一類 (B 級)
高塑性反復負載試驗	$0\rightarrow(0.95P_y \leftrightarrow -0.5P_y)\times16$ 回 $\rightarrow(n\delta_y \leftrightarrow -0.5P_y)\times8$ 回 $\rightarrow(2n\delta_y \leftrightarrow -0.5P_y)\times8$ 回→拉至破壞[2]	抗拉強度	$\geq 1.25f_y$ 且 $\geq f_u$	$\geq 1.25f_y$ 且 $\geq f_u$	不適用
		滑動量 $(\delta_s)_{16c}-(\delta_s)_{1c}$	≤ 0.3 mm	≤ 0.3 mm	不適用
		滑動量 $(\delta_s)_{24c}$	≤ 0.9 mm	≤ 0.9 mm	不適用
		滑動量 $(\delta_s)_{32c}$	≤ 1.8 mm	不適用	不適用
		續接處外鋼筋之伸長率[1]	≥9%，鋼筋尺度 D32 以下	≥ 4%	不適用
			≥6%，鋼筋尺度 D36 以上		

[1]續接處外兩側鋼筋伸長率之較大值。

[2]第二類(A 級)完成 24 回後可拉至破壞；

fy≤4,200 kgf/cm2 [420 MPa]之鋼筋，塑性倍率 n=6；

fy=5,600 kgf/cm2 [550 MPa]之鋼筋，塑性倍率 n=5；

fy=7,000 kgf/cm2 [690 MPa]之鋼筋，塑性倍率 n=4。

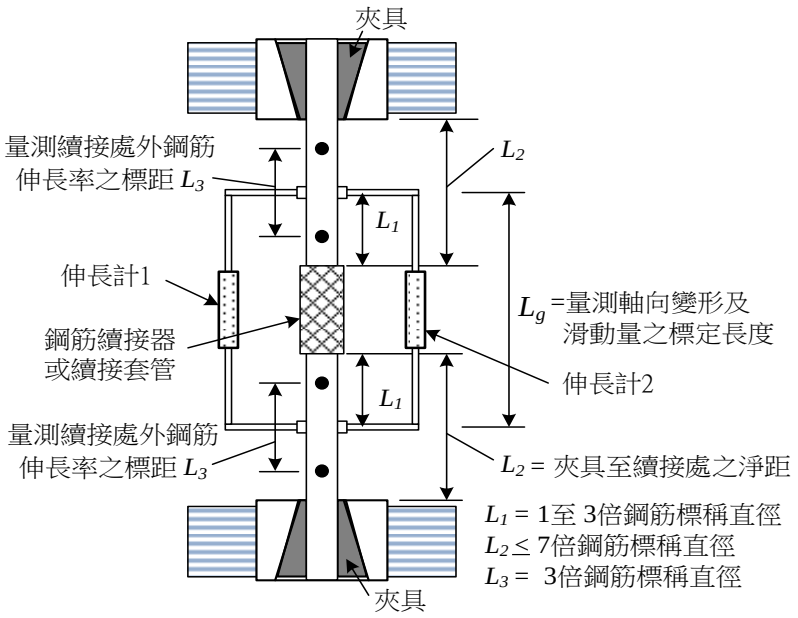


圖 A.1.4.2 試驗裝置　　單位:mm

試體編號	d_b	續接器長度 L_c	伸長計夾距 L_g	伸長率標距 L_3	淨距 L_2
CC-STD 550-8R-01	25.4	58	210	76	146
CC-STD 550-8R-02	25.4	58	210	76	146
CC-STD 550-8R-03	25.4	58	210	76	146
CC-STD 550-10R-01	32.2	72	265	97	167
CC-STD 550-10R-02	32.2	72	265	97	167
CC-STD 550-10R-03	32.2	72	265	97	167

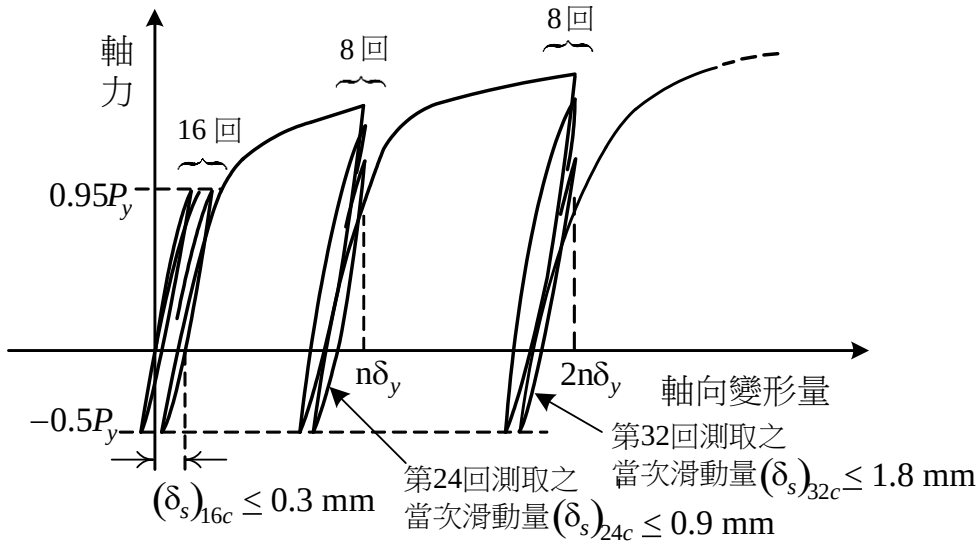


圖 A.1.4.3 試驗加載程序

A.1.5 高塑性反復負載試驗結果

試體編號	抗拉強度	滑動量 $(\delta_s)_{16c} - (\delta_s)_{1c}$	滑動量 $(\delta_s)_{24c}$	滑動量 $(\delta_s)_{32c}$	伸長率*	判定
	≥ 690MPa	≤ 0.3mm	≤ 0.9mm	≤ 1.8mm		
CC-STD 550-8R-01	760	0.087−0.074 = 0.013	0.101	0.155	18	SA
CC-STD 550-8R-02	760	0.152−0.121 =0.031	0.171	0.385	11	SA
CC-STD 550-8R-03	762	0.149−0.131 =0.018	0.187	0.401	11	SA
CC-STD 550-10R-01	757	0.119−0.111 =0.008	0.119	0.2466	20	SA
CC-STD 550-10R-02	755	0.148−0.125 =0.023	0.091	0.287	16	SA
CC-STD 550-10R-03	755	0.224−0.138 =0.086	0.101	0.224	19	SA

*續接處外兩側鋼筋伸長率之較大值。SA 級≥9%(D32 以下)or6%(D36 以上)；A 級≥4%；B 級≥2%。未特別註記表示伸長率標距內斷筋。

A.1.6 同軸度試驗目的

在施作續接器高塑性反復負載試驗時，常因被續接鋼筋與續接器軸度不同產生歪斜之情況，此現象極有可能造成施作續接器高塑性反復負載試驗時發生挫屈現象，使試體成為無效數據，若此不同軸度發生於施工現場將使結構物中續接器在未達其強度前即發生挫屈現象進而失去穩定，無法使續接器成功發揮其作用，為使續接器實驗在此方面更而完整，本次試驗擬訂此同軸度試驗用以在進行強度試驗前即排除不良試體，使試驗更趨於有效化並在有限的資源及時間下進行高塑性反復負載試驗。

A.1.7 同軸度試驗方法

將續接器組件測量如圖 A.1.7.1，並計算其最大斜率。

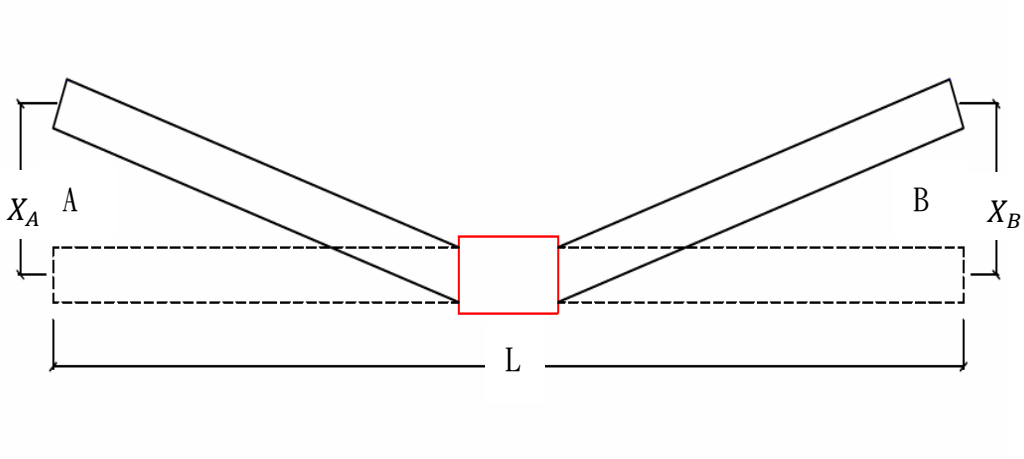


圖 A.1.7.1

A.1.8 同軸度試驗結果

試體編號	X_A(mm)	X_B(mm)	L(mm)	同軸度(1/斜率)
CC-STD-550-8R-01	2.20	0.95	780.50	177
CC-STD-550-8R-02	3.78	4.32	784.80	91
CC-STD-550-8R-03	1.33	3.85	784.27	102
CC-STD-550-10R-01	3.38	7.27	799.22	55
CC-STD-550-10R-02	3.71	3.09	796.97	107
CC-STD-550-10R-03	4.75	2.30	800.42	84

A.1.9 高塑性反復負載試體照片



圖 A.1.9.01
試體 CC-STD-550-8R-01
實驗照片

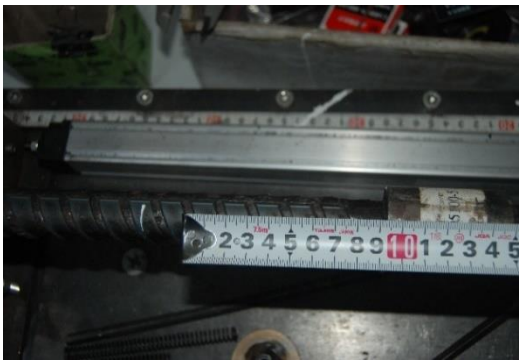


圖 A.1.9.02
試體 CC-STD-550-8R-01
實驗照片



圖 A.1.9.03
試體 CC-STD-550-8R-01
實驗照片



圖 A.1.9.04
試體 CC-STD-550-8R-01
實驗照片

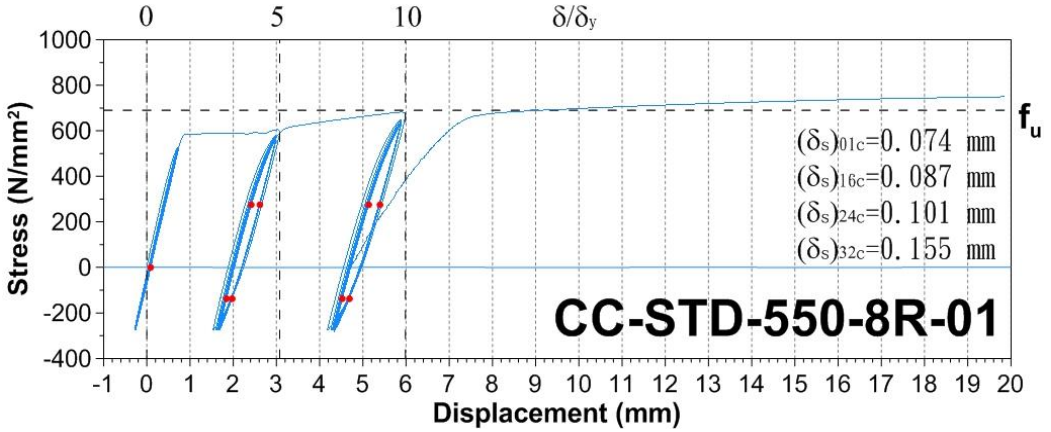


圖 A.1.9.05 試體 CC-STD-550-8R-01 載重位移曲線圖



圖 A.1.9.06
試體 CC-STD-550-8R-02
實驗照片



圖 A.1.9.07
試體 CC-STD-550-8R-02
實驗照片

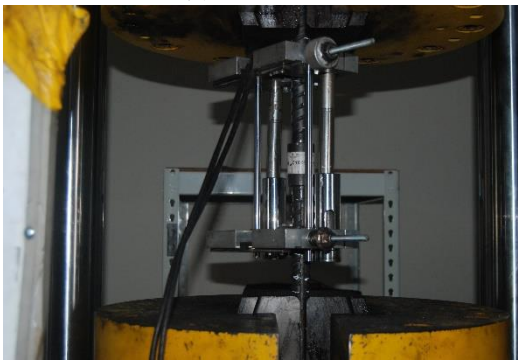


圖 A.1.9.08
試體 CC-STD-550-8R-02
實驗照片

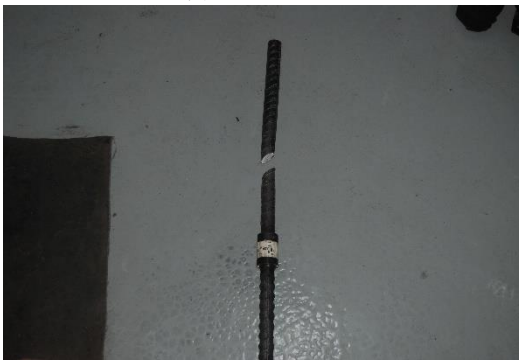


圖 A.1.9.09
試體 CC-STD-550-8R-02
實驗照片

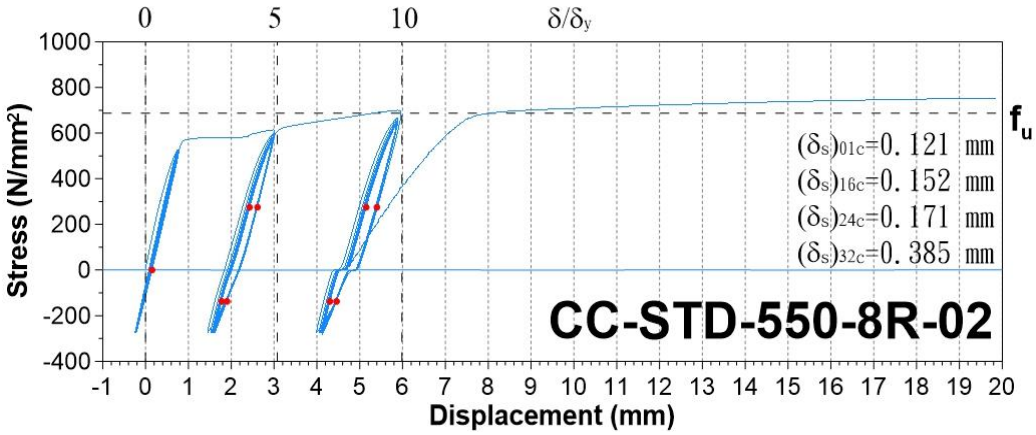


圖 A.1.9.10 試體 CC-STD-550-8R-02 載重位移曲線圖



圖 A.1.9.11
試體 CC-STD-550-8R-03
實驗照片

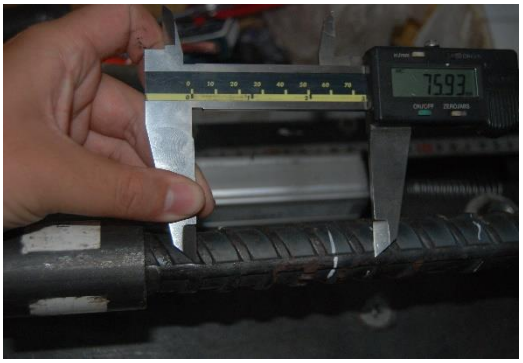


圖 A.1.9.12
試體 CC-STD-550-8R-03
實驗照片



圖 A.1.9.13
試體 CC-STD-550-8R-03
實驗照片



圖 A.1.9.14
試體 CC-STD-550-8R-03
實驗照片

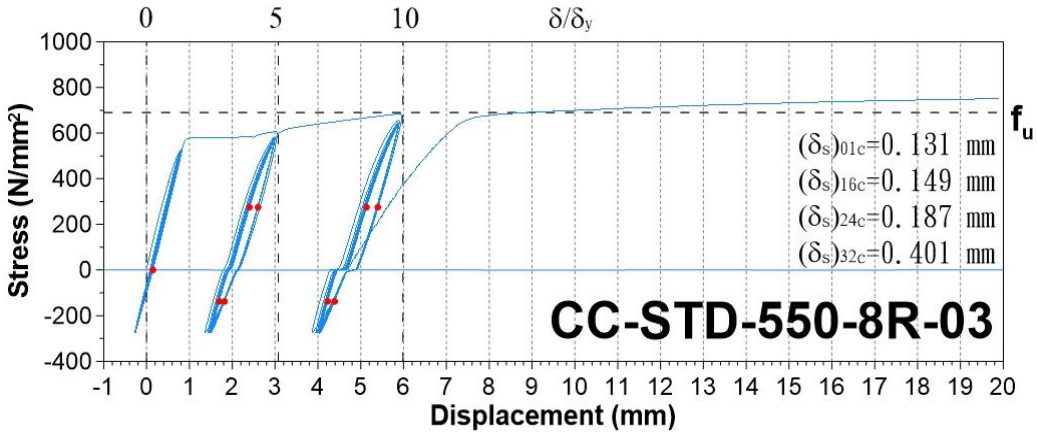


圖 A.1.9.15 試體 CC-STD-550-8R-03 載重位移曲線圖

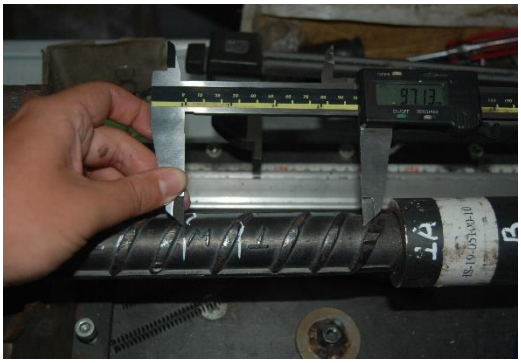


圖 A.1.9.16
試體 CC-STD-550-10R-01
實驗照片

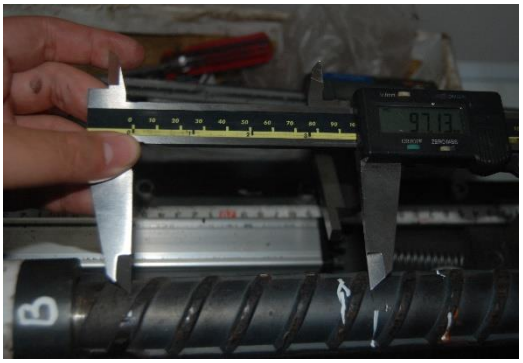


圖 A.1.9.17
試體 CC-STD-550-10R-01
實驗照片

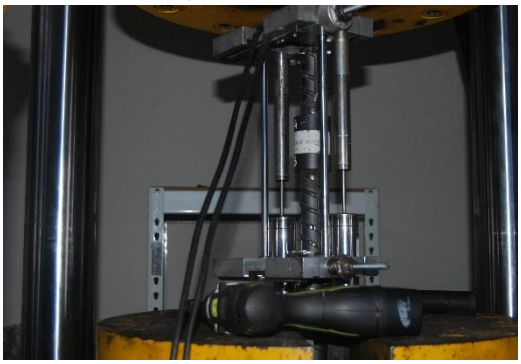


圖 A.1.9.18
試體 CC-STD-550-10R-01
實驗照片



圖 A.1.9.19
試體 CC-STD-550-10R-01
實驗照片

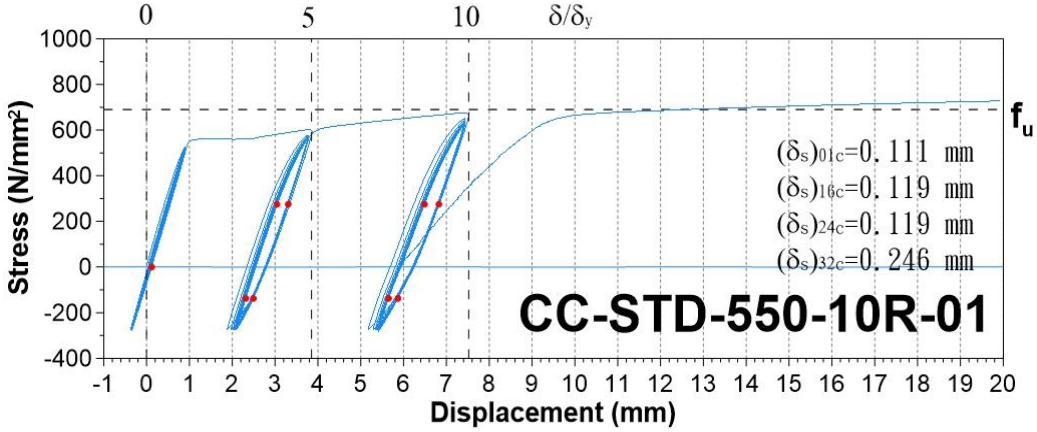


圖 A.1.9.20 試體 CC-STD-550-10R-01 載重位移曲線圖



圖 A.1.9.21
試體 CC-STD-550-10R-02
實驗照片



圖 A.1.9.22
試體 CC-STD-550-10R-02
實驗照片

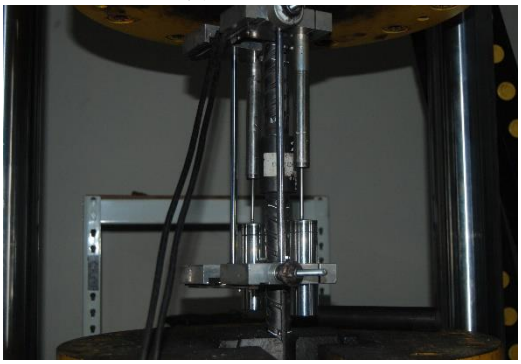


圖 A.1.9.23
試體 CC-STD-550-10R-02
實驗照片

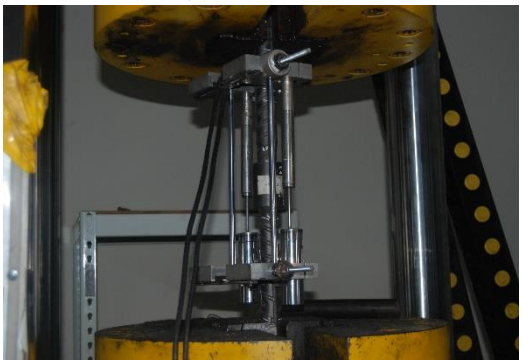


圖 A.1.9.24
試體 CC-STD-550-10R-02
實驗照片

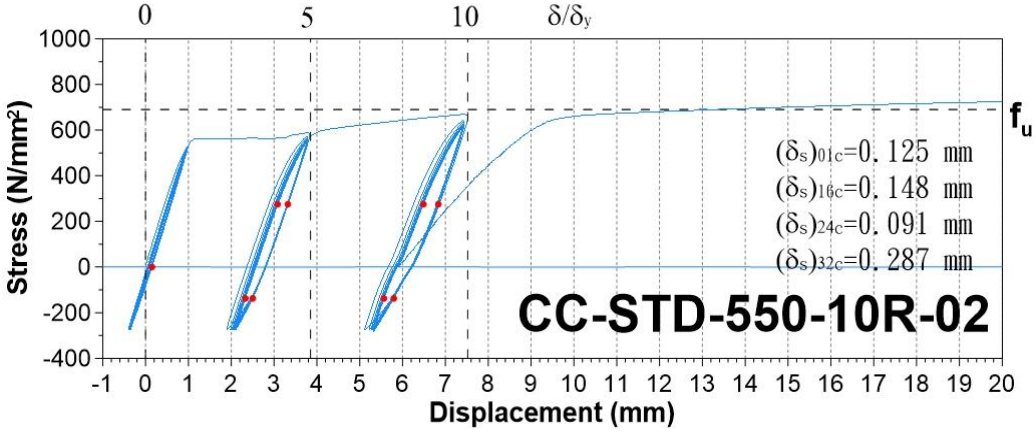


圖 A.1.9.25 試體 CC-STD-550-10R-02 載重位移曲線圖

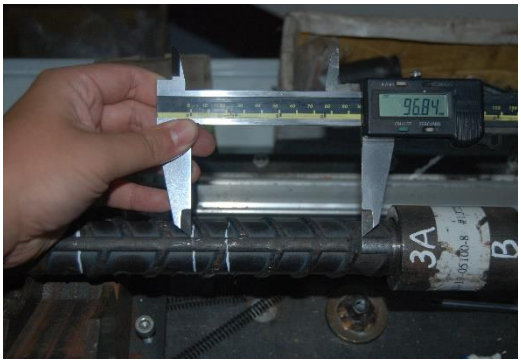


圖 A.1.9.26
試體 CC-STD-550-10R-03
實驗照片



圖 A.1.9.27
試體 CC-STD-550-10R-03
實驗照片

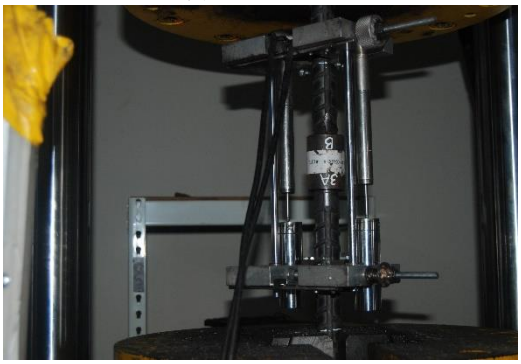


圖 A.1.9.28
試體 CC-STD-550-10R-03
實驗照片



圖 A.1.9.29
試體 CC-STD-550-10R-03
實驗照片

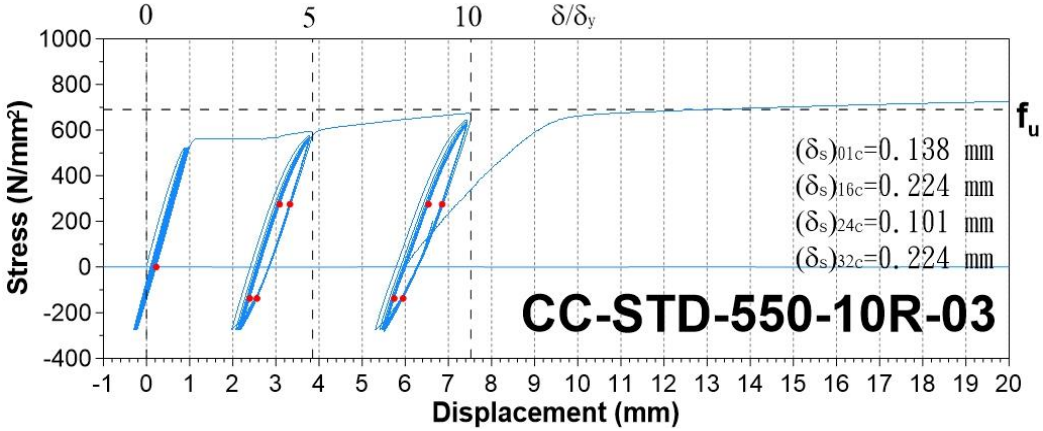


圖 A.1.9.30 試體 CC-STD-550-10R-03 載重位移曲線圖

A.1.10 高塑性反復負載試體照片



圖 A.1.10.1 同軸度實驗照片



圖 A.1.10.2 同軸度實驗照片



圖 A.1.10.3 同軸度實驗照片



圖 A.1.10.4 同軸度實驗照片



圖 A.1.10.5 同軸度實驗照片



圖 A.1.10.6 同軸度實驗照片

A.2 SD550W 摩擦銲接續接組件試驗(#11)

供料廠商：東和鋼鐵

取樣編號：TH-FW-550-11R

續接器組件及母材試驗報告

A.2.1 高塑性反復負載試驗目的

為因應 SD550W 鋼筋成為一般建築耐震構材用鋼筋，需要一個官方統一版本的續接器性能合格標準。儘管目前我國已有一套較美日更嚴謹的機械式續接檢驗和合格標準，但不適用較高強度鋼筋，需要補充實驗研究調整機械式續接的檢驗和合格標準，使新版規範更趨完備嚴謹。

A.2.2 高塑性反復負載試驗試體

此次高塑性反復負載試驗試體包含 TH-FW-550-11R 以表 A.2.2.1 表示。

表 A.2.2.1 續接器試體一覽表

試體編號	續接形式	續接鋼筋
TH-FW Bar-550-11R-01	母材鋼筋	SD550W D36 竹節
TH-FW-550-11R-01	摩擦銲接續鋼筋續接器	SD550W D36 竹節
TH-FW-550-11R-02	摩擦銲接續鋼筋續接器	SD550W D36 竹節
TH-FW-550-11R-03	摩擦銲接續鋼筋續接器	SD550W D36 竹節

A.2.3 高塑性反復負載試體製作

(1)鋼筋

採用竹節鋼筋 SD550W-D36

(2)續接器

採用東和鋼鐵出產之摩擦銲接續鋼筋續接器，扭力值為 311 N-m，其牙型如下圖 A.2.3.1 及 A.2.3.2 所示，如有不詳請查詢東和鋼鐵續接器型錄。(https://www.tunghosteel.com/)



圖 A.2.3.1



圖 A.2.3.2

A.2.4 高塑性反復負載試驗方法

本試驗規劃各項試驗參考 CNS 15560，並擬定新規範辦理用以適用於 490 MPa 以上之鋼種，其允收標準以表 A.2.4.1 表示。試驗裝置及加載程序如圖 A.2.4.2 及圖 A.2.4.3 表示。

表 A.2.4.1 各級續接器允收標準

試驗項目	加載程序	指標	合格標準		
			第三類 (SA 級)	第二類 (A 級)	第一類 (B 級)
高塑性反復負載試驗	0→(0.95P_y ↔ -0.5P_y)×16 回→(nδ_y ↔ -0.5P_y)×8 回→(2nδ_y ↔ -0.5P_y)×8 回→拉至破壞[2]	抗拉強度	≥ 1.25f_y 且 ≥ f_u	≥ 1.25f_y 且 ≥ f_u	不適用
		滑動量 $(\delta_s)_{16c} - (\delta_s)_{1c}$	≤ 0.3 mm	≤ 0.3 mm	不適用
		滑動量 $(\delta_s)_{24c}$	≤ 0.9 mm	≤ 0.9 mm	不適用
		滑動量 $(\delta_s)_{32c}$	≤ 1.8 mm	不適用	不適用
		續接處外鋼筋之伸長率[1]	≥9%，鋼筋尺度 D32 以下	≥ 4%	不適用
			≥6%，鋼筋尺度 D36 以上		

[1]續接處外兩側鋼筋伸長率之較大值。

[2]第二類(A 級)完成 24 回後可拉至破壞；

fy≤4,200 kgf/cm2 [420 MPa]之鋼筋，塑性倍率 n=6；

fy=5,600 kgf/cm2 [550 MPa]之鋼筋，塑性倍率 n=5；

fy=7,000 kgf/cm2 [690 MPa]之鋼筋，塑性倍率 n=4。

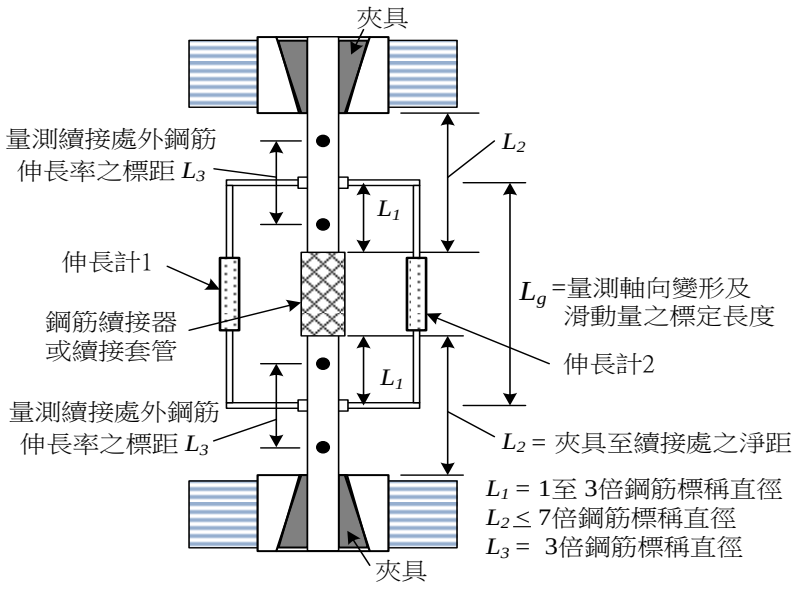
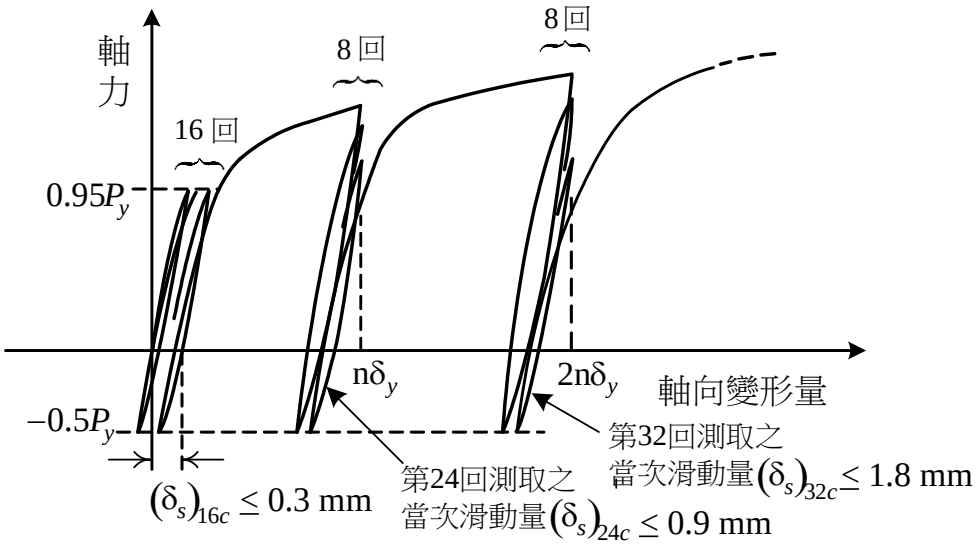


圖 A.2.4.2 試驗裝置　　單位:mm

試體編號	d_b	續接器長度 L_c	伸長計夾距 L_g	伸長率標距 L_3	淨距 L_2
TH-FW Bar-550-11R-01	35.8	0	215	107.5	
TH-FW-550-11R-01	35.8	80	294	107	177
TH-FW-550-11R-02	35.8	80	294	107	177
TH-FW-550-11R-03	35.8	80	294	107	177



加載至0.95P_y，反向加壓至 −0.50P_y，
重複16回到標稱零載重之殘留滑動量

圖 A.2.4.3 試驗加載程序

A.2.5 高塑性反復負載試驗結果

試體編號	抗拉強度	滑動量 $(\delta_s)_{16c} - (\delta_s)_{1c}$	滑動量 $(\delta_s)_{24c}$	滑動量 $(\delta_s)_{32c}$	伸長率*	判定
	≥ 690MPa	≤ 0.3mm	≤ 0.9mm	≤ 1.8mm		
TH-FW-550-11R-01	735	0.092−0.061 =0.031	0.146	0.153	25	SA
TH-FW-550-11R-02	740	0.004−0.033 =−0.029	0.297	0.304	25	SA
TH-FW-550-11R-03	742	0.091−0.037 =0.054	0.192	0.254	23	SA

*續接處外兩側鋼筋伸長率之較大值。SA 級≥9%(D32 以下)or6%(D36 以上)；A 級≥4%；B 級≥2%。

未特別註記表示伸長率標距內斷筋。

A.2.6 同軸度試驗目的

在施作續接器高塑性反復負載試驗時，常因被續接鋼筋與續接器軸度不同產生歪斜之情況，此現象極有可能造成施作續接器高塑性反復負載試驗時發生挫屈現象，使試體成為無效數據，若此不同軸度發生於施工現場將使結構物中續接器在未達其強度前即發生挫屈現象進而失去穩定，無法使續接器成功發揮其作用，為使續接器實驗在此方面更而完整，本次試驗擬訂此同軸度試驗用以在進行強度試驗前即排除不良試體，使試驗更趨於有效化並在有限的資源及時間下進行高塑性反復負載試驗。

A.2.7 同軸度試驗方法

將續接器組件測量如圖 A.2.7.1，並計算其最大斜率。

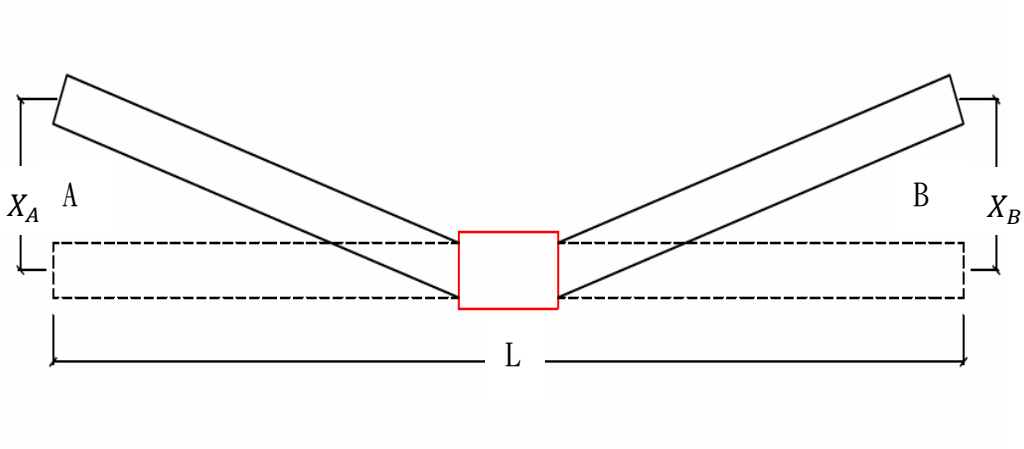


圖 A.2.7.1

A.2.8 同軸度試驗結果

試體編號	X_A(mm)	X_B(mm)	L(mm)	同軸度 (1/斜率)
TH-FW-550-11R-01	2.39	1.54	1242	263
TH-FW-550-11R-02	5.21	3.69	1239	121
TH-FW-550-11R-03	6.55	3.15	1244	95

A.2.9 高塑性反復負載試體照片



圖 A.2.9.01
試體 TH-FW-550-11R-01
實驗照片

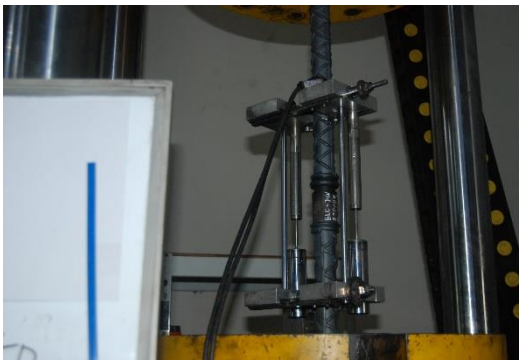


圖 A.2.9.02
試體 TH-FW-550-11R-01
實驗照片



圖 A.2.9.03
試體 TH-FW-550-11R-01
實驗照片



圖 A.2.9.04
試體 TH-FW-550-11R-01
實驗照片

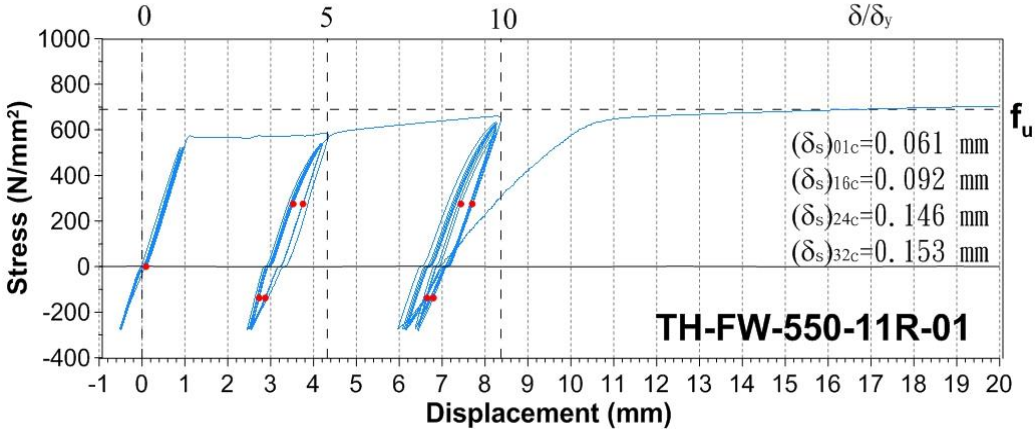


圖 A.2.9.05 試體 TH-FW-550-11R-01 載重位移曲線圖



圖 A.2.9.06
試體 TH-FW-550-11R-02
實驗照片

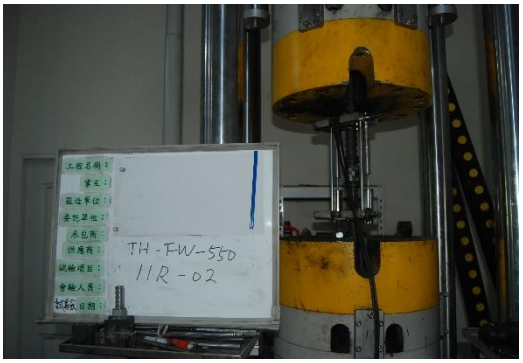


圖 A.2.9.07
試體 TH-FW-550-11R-02
實驗照片



圖 A.2.9.08
試體 TH-FW-550-11R-02
實驗照片



圖 A.2.9.09
試體 TH-FW-550-11R-02
實驗照片

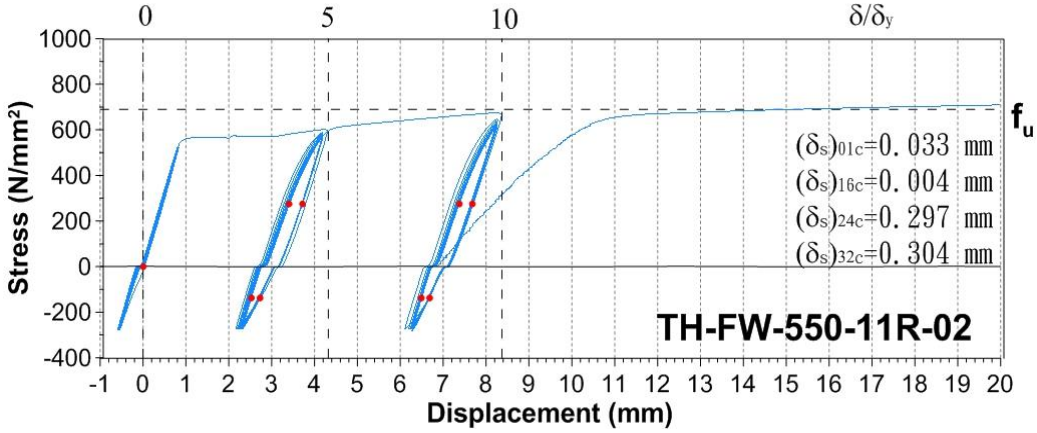


圖 A.2.9.10 試體 TH-FW-550-11R-02 載重位移曲線圖

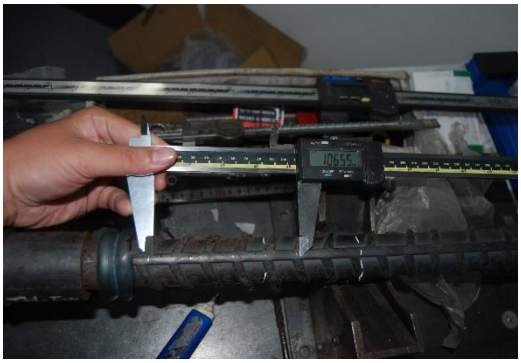


圖 A.2.9.11
試體 TH-FW-550-11R-03
實驗照片



圖 A.2.9.12
試體 TH-FW-550-11R-03
實驗照片



圖 A.2.9.13
試體 TH-FW-550-11R-03
實驗照片



圖 A.2.9.14
試體 TH-FW-550-11R-03
實驗照片

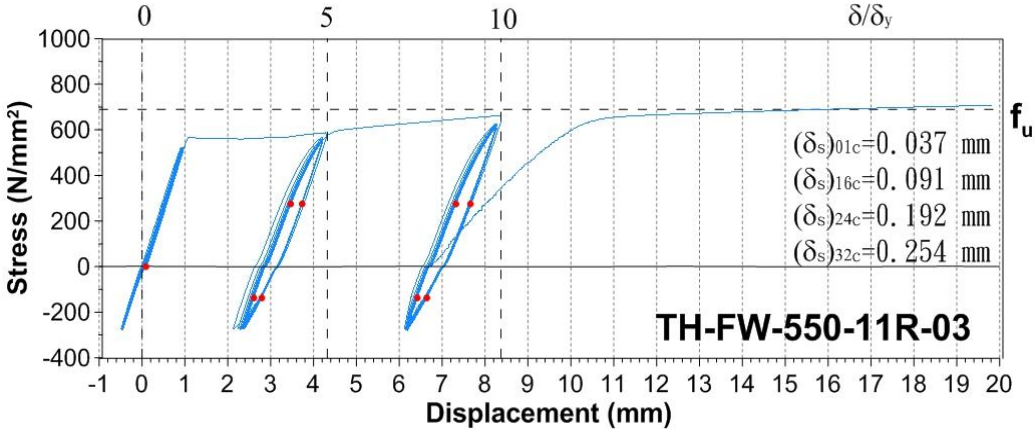


圖 A.2.9.15 試體 TH-FW-550-11R-03 載重位移曲線圖

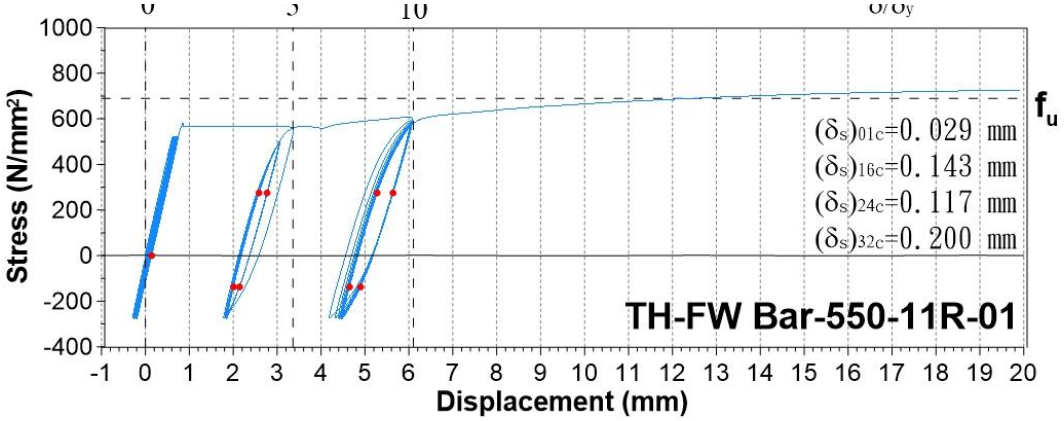


圖 A.2.9.16 試體 TH-FW Bar-550-11R-01 載重位移曲線圖

A.2.10 同軸度試驗照片



圖 A.2.10.1 同軸度實驗照片



圖 A.2.10.2 同軸度實驗照片



圖 A.2.10.3 同軸度實驗照片



圖 A.2.10.4 同軸度實驗照片



圖 A.2.10.5 同軸度實驗照片



圖 A.2.10.6 同軸度實驗照片

A.3 SD550W 摩擦銲接續接組件試驗(#11)

供料廠商：豐興鋼鐵、蘭州工程

取樣編號：BLC-FW-550-11R

續接器組件及母材試驗報告

A.3.1 高塑性反復負載試驗目的

為因應 SD550W 鋼筋成為一般建築耐震構材用鋼筋，需要一個官方統一版本的續接器性能合格標準。儘管目前我國已有一套較美日更嚴謹的機械式續接檢驗和合格標準，但不適用較高強度鋼筋，需要補充實驗研究調整機械式續接的檢驗和合格標準，使新版規範更趨完備嚴謹。

A.3.2 高塑性反復負載試驗試體

此次高塑性反復負載試驗試體包含 BLC-FW-550-11R 以表 A.3.2.1 表示。

表 A.3.2.1 續接器試體一覽表

試體編號	續接形式	續接鋼筋
BLC-FW Bar-550-11R-01	母材鋼筋	SD550W D36 竹節
BLC-FW-550-11R-01	摩擦銲接續鋼筋續接器	SD550W D36 竹節
BLC-FW-550-11R-02	摩擦銲接續鋼筋續接器	SD550W D36 竹節
BLC-FW-550-11R-03	摩擦銲接續鋼筋續接器	SD550W D36 竹節

A.3.3 高塑性反復負載試體製作

(1)鋼筋

採用竹節鋼筋 SD550W-D36

(2)續接器

採用蘭州工程出產之摩擦銲接續鋼筋續接器，扭力值為 311 N-m，豐興鋼鐵提供之母材鋼筋。

A.3.4 高塑性反復負載試驗方法

本試驗規劃各項試驗參考 CNS 15560，並擬定新規範辦理用以適用於 490 MPa 以上之鋼種，其允收標準以表 A.3.4.1 表示。試驗裝置及加載程序如圖 A.3.4.2 及圖 A.3.4.3 表示。

表 A.3.4.1 各級續接器允收標準

試驗項目	加載程序	指標	合格標準		
			第三類 (SA 級)	第二類 (A 級)	第一類 (B 級)
高塑性反復負載試驗	$0\rightarrow(0.95P_y \leftrightarrow -0.5P_y)\times16$ 回 $\rightarrow(n\delta_y \leftrightarrow -0.5P_y)\times8$ 回 $\rightarrow(2n\delta_y \leftrightarrow -0.5P_y)\times8$ 回→拉至破壞[2]	抗拉強度	$\geq 1.25f_y$ 且 $\geq f_u$	$\geq 1.25f_y$ 且 $\geq f_u$	不適用
		滑動量 $(\delta_s)_{16c}-(\delta_s)_{1c}$	≤ 0.3 mm	≤ 0.3 mm	不適用
		滑動量 $(\delta_s)_{24c}$	≤ 0.9 mm	≤ 0.9 mm	不適用
		滑動量 $(\delta_s)_{32c}$	≤ 1.8 mm	不適用	不適用
		續接處外鋼筋之伸長率[1]	≥9%，鋼筋尺度 D32 以下	≥ 4%	不適用
			≥6%，鋼筋尺度 D36 以上		

[1]續接處外兩側鋼筋伸長率之較大值。

[2]第二類(A 級)完成 24 回後可拉至破壞；

fy≤4,200 kgf/cm2 [420 MPa]之鋼筋，塑性倍率 n=6；

fy=5,600 kgf/cm2 [550 MPa]之鋼筋，塑性倍率 n=5；

fy=7,000 kgf/cm2 [690 MPa]之鋼筋，塑性倍率 n=4。

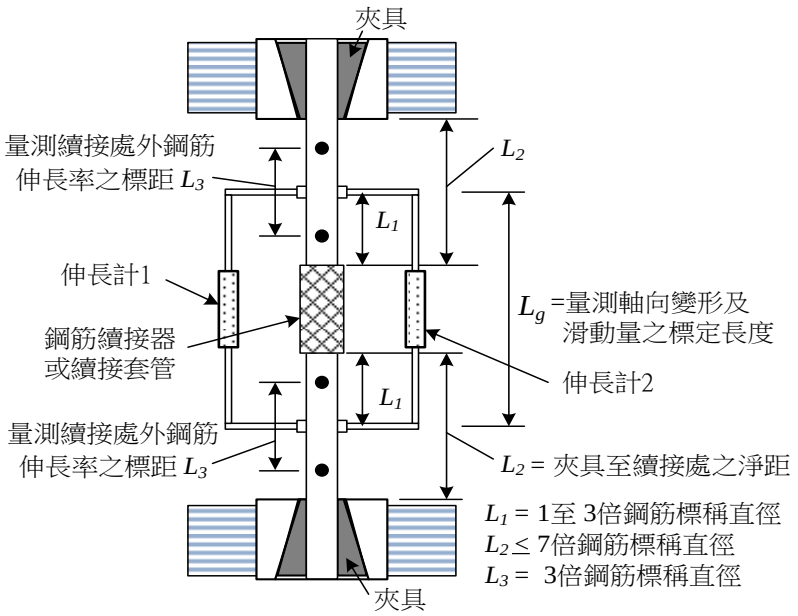
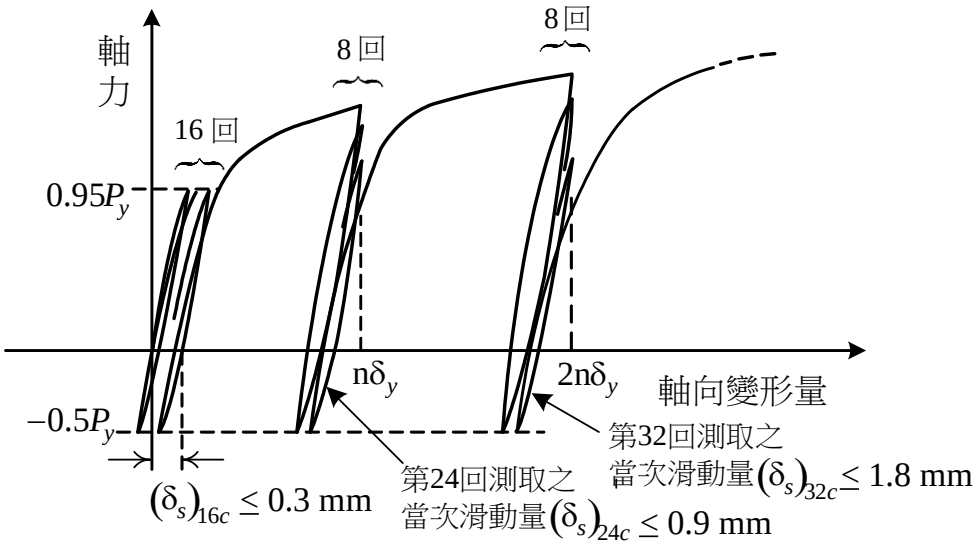


圖 A.3.4.2 試驗裝置　　單位:mm

試體編號	d_b	續接器長度 L_c	伸長計夾距 L_g	伸長率標距 L_3	淨距 L_2
BLC-FW Bar-550-11R-01	35.8	0	215	107.5	
BLC-FW-550-11R-01	35.8	80	294	107	177
BLC-FW-550-11R-02	35.8	80	294	107	177
BLC-FW-550-11R-03	35.8	80	294	107	177



加載至0.95P_y，反向加壓至 −0.50P_y，
重複16回到標稱零載重之殘留滑動量

圖 A.3.4.3 試驗加載程序

A.3.5 高塑性反復負載試驗結果

試體編號	抗拉強度	滑動量 $(\delta_s)_{16c}-(\delta_s)_{1c}$	滑動量 $(\delta_s)_{24c}$	滑動量 $(\delta_s)_{32c}$	伸長率*	判定
	≥ 690MPa	≤ 0.3mm	≤ 0.9mm	≤ 1.8mm		
BLC-FW-550-11R-01	777	−0.006−0.015 =−0.021	0.134	0.203	20†	SA
BLC-FW-550-11R-02	767	−0.094−0.040 =−0.134	0.193	0.145	25	SA
BLC-FW-550-11R-03	766	0.151−0.055 =0.096	0.180	0.249	23	SA

*續接處外兩側鋼筋伸長率之較大值。SA 級≥9%(D32 以下)or6%(D36 以上)；A 級≥4%；B 級≥2%。

†伸長率標距外斷筋

未特別註記表示伸長率標距內斷筋。

A.3.6 同軸度試驗目的

在施作續接器高塑性反復負載試驗時，常因被續接鋼筋與續接器軸度不同產生歪斜之情況，此現象極有可能造成施作續接器高塑性反復負載試驗時發生挫屈現象，使試體成為無效數據，若此不同軸度發生於施工現場將使結構物中續接器在未達其強度前即發生挫屈現象進而失去穩定，無法使續接器成功發揮其作用，為使續接器實驗在此方面更而完整，本次試驗擬訂此同軸度試驗用以在進行強度試驗前即排除不良試體，使試驗更趨於有效化並在有限的資源及時間下進行高塑性反復負載試驗。

A.3.7 同軸度試驗方法

將續接器組件測量如圖 A.3.7.1，並計算其最大斜率。

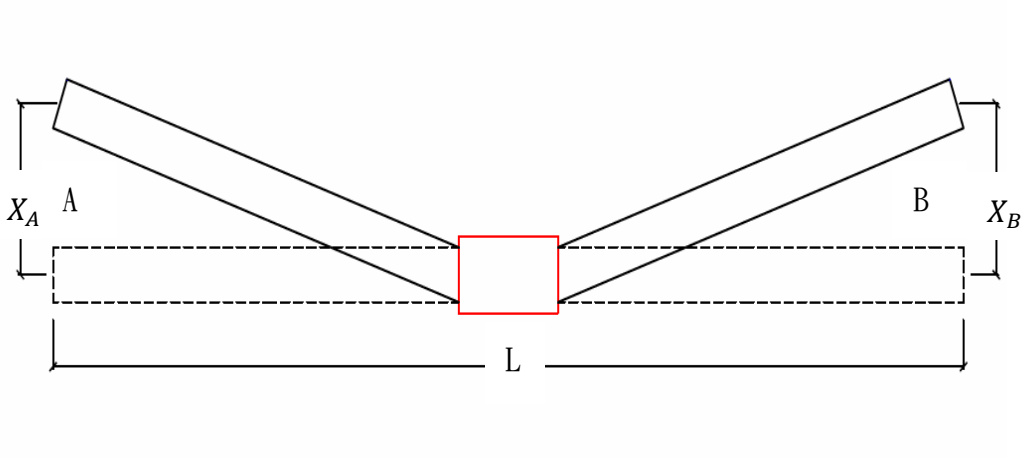


圖 A.3.7.1

A.3.8 同軸度試驗結果

試體編號	X_A(mm)	X_B(mm)	L(mm)	同軸度 (1/斜率)
BLC-FW-550-11R-01	2.77	4.18	1386	165
BLC-FW-550-11R-02	3.84	5.82	1384	118
BLC-FW-550-11R-03	2.44	4.11	1374	167

A.3.9 高塑性反復負載試體照片



圖 A.3.9.01
試體 BLC-FW-550-11R-01
實驗照片

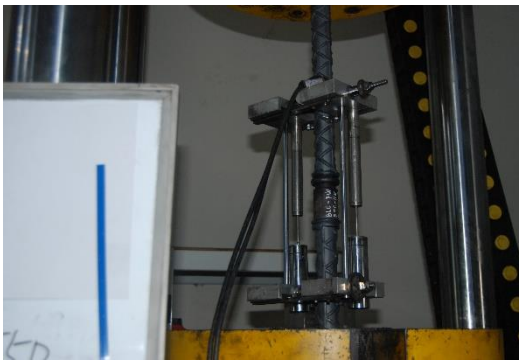


圖 A.3.9.02
試體 BLC-FW-550-11R-01
實驗照片



圖 A.3.9.03
試體 BLC-FW-550-11R-01
實驗照片

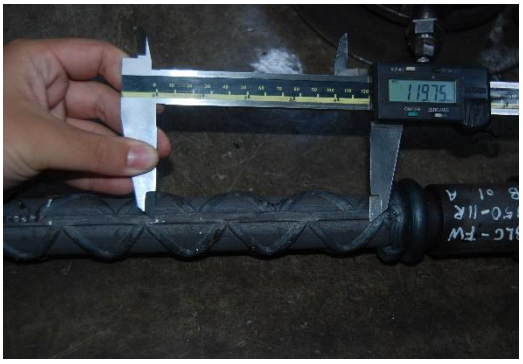


圖 A.3.9.04
試體 BLC-FW-550-11R-01
實驗照片

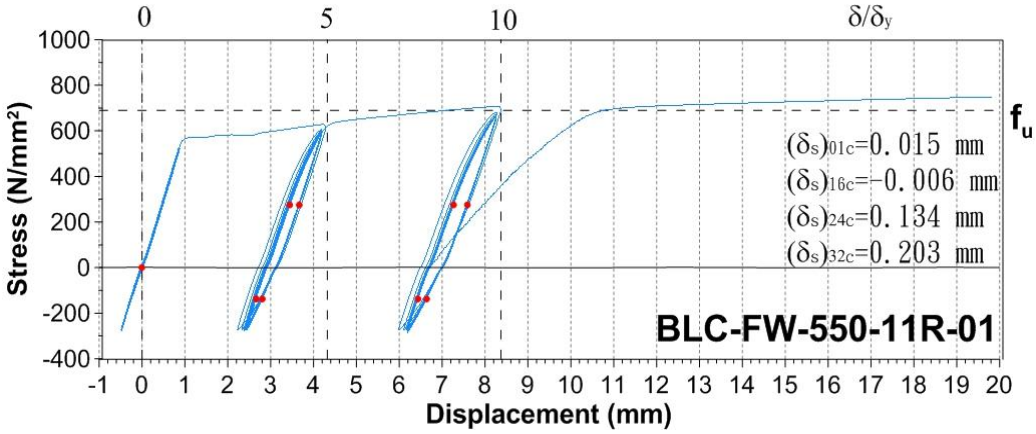


圖 A.3.9.05 試體 BLC-FW-550-11R-01 載重位移曲線圖



圖 A.3.9.06
試體 BLC-FW-550-11R-02
實驗照片

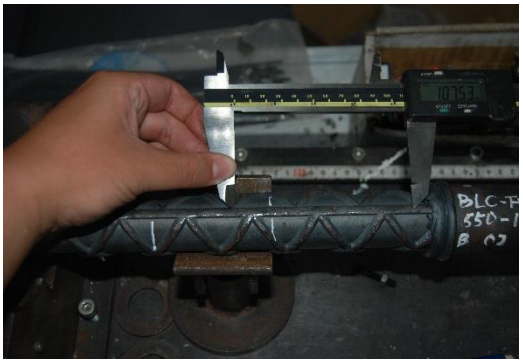


圖 A.3.9.07
試體 BLC-FW-550-11R-02
實驗照片



圖 A.3.9.08
試體 BLC-FW-550-11R-02
實驗照片



圖 A.3.9.09
試體 BLC-FW-550-11R-02
實驗照片

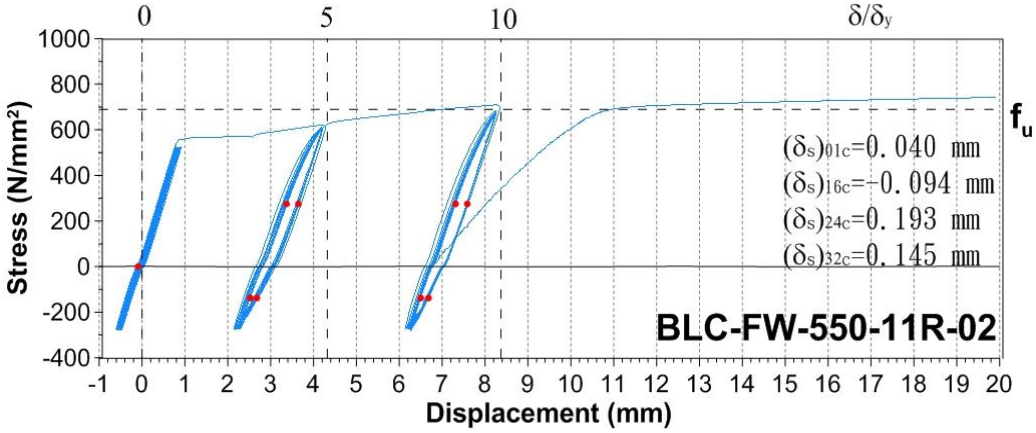


圖 A.3.9.10 試體 BLC-FW-550-11R-02 載重位移曲線圖

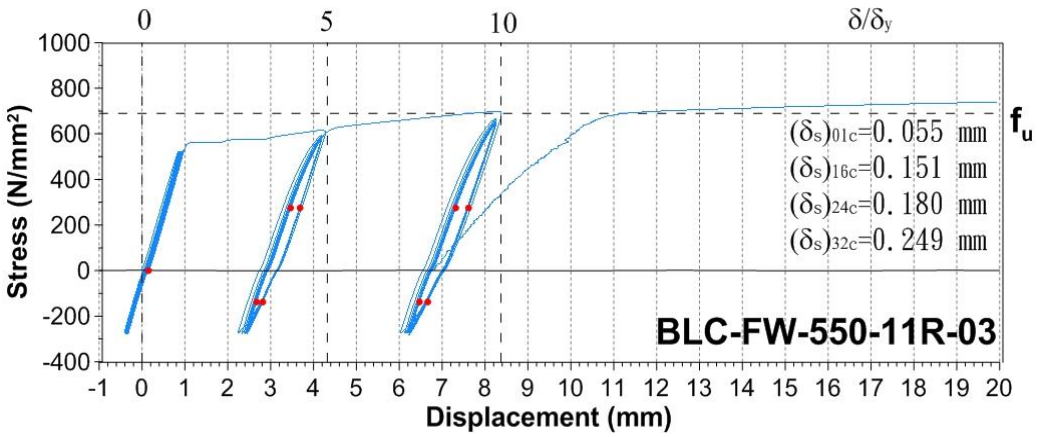


圖 A.3.9.11 試體 BLC-FW-550-11R-03 載重位移曲線圖

A.3.10 同軸度試驗照片



圖 A.3.10.1 同軸度實驗照片



圖 A.3.10.2 同軸度實驗照片



圖 A.3.10.3 同軸度實驗照片



圖 A.3.10.4 同軸度實驗照片



圖 A.3.10.5 同軸度實驗照片



圖 A.3.10.6 同軸度實驗照片

A.4 SD550W 螺紋節鋼筋續接組件試驗(日本製#12)

供料廠商：東京鉄鋼株式會社
取樣編號：TTK-Ace-550-12R

續接器組件及母材試驗報告

A.4.1 高塑性反復負載試驗目的

為因應 SD550W 鋼筋成為一般建築耐震構材用鋼筋，需要一個官方統一版本的續接器性能合格標準。儘管目前我國已有一套較美日更嚴謹的機械式續接檢驗和合格標準，但不適用較高強度鋼筋，需要補充實驗研究調整機械式續接的檢驗和合格標準，使新版規範更趨完備嚴謹。

A.4.2 高塑性反復負載試驗試體

此次高塑性反復負載試驗試體包含 TTK-550-12R 以表 A.4.2.1 表示。

表 A.4.2.1 續接器試體一覽表

試體編號	續接形式	續接鋼筋
TTK-Bar-550-12R-01	母材鋼筋	USD590 D38 螺紋節
TTK-Bar-550-12R-02	母材鋼筋	USD590 D38 螺紋節
TTK-Bar-550-12R-03	母材鋼筋	USD590 D38 螺紋節
TTK-Ace-550-12R-01	螺紋節鋼筋續接器	USD590 D38 螺紋節
TTK-Ace-550-12R-02	螺紋節鋼筋續接器	USD590 D38 螺紋節
TTK-Ace-550-12R-03	螺紋節鋼筋續接器	USD590 D38 螺紋節
TTK-Ace-550-12R-04	螺紋節鋼筋續接器	USD590 D38 螺紋節
TTK-Ace-550-12R-05	螺紋節鋼筋續接器	USD590 D38 螺紋節
TTK-Ace-550-12R-06	螺紋節鋼筋續接器	USD590 D38 螺紋節
TTK-Bar-550-12R-001	母材鋼筋	USD590 D38 螺紋節
TTK-Ace-550-12R-001	螺紋節鋼筋續接器	USD590 D38 螺紋節
TTK-Ace-550-12R-002	螺紋節鋼筋續接器	USD590 D38 螺紋節
TTK-Ace-550-12R-003	螺紋節鋼筋續接器	USD590 D38 螺紋節
TTK-Ace-550-12R-004	螺紋節鋼筋續接器	USD590 D38 螺紋節
TTK-Ace-550-12R-005	螺紋節鋼筋續接器	USD590 D38 螺紋節
TTK-Ace-550-12R-006	螺紋節鋼筋續接器	USD590 D38 螺紋節

A.4.3 高塑性反復負載試體製作

(1)鋼筋

採用螺紋節鋼筋 USD590-D38

(2)續接器

採用東京鐵鋼出產之螺紋節鋼筋續接器，於 2 月 27 日(四)製作。(http://www.tokyotekko.co.jp/zh/index.html)

(3)填充材

使用 TTK 砂漿填充材(TTK Grout 600)，管理項目如以表 A.4.3.1 表示，抗壓強度以表 A.4.3.2 表示。

表 A.4.3.1

水量	1.9L	材溫	8.8℃
氣溫	13.3℃	坍度值	160mm X 160mm
水溫	13.6℃	批號	MCB203

表 A.4.3.2

壓縮試驗-試體編號	填充材壓縮強度-N/mm
試體-1	94.7
試體-2	75.4
試體-3	71.8
平均	80.6

A.4.4 高塑性反復負載試驗方法

本試驗規劃各項試驗參考 CNS 15560，並擬定新規範辦理用以適用於 490 MPa 以上之鋼種，其允收標準以表 A.4.4.1 表示。試驗裝置及加載程序如圖 A.4.4.2 及圖 1.1.4.3 表示。

表 A.4.4.1 各級續接器允收標準

試驗項目	加載程序	指標	合格標準		
			第三類 (SA 級)	第二類 (A 級)	第一類 (B 級)
高塑性反復負載試驗	0→(0.95P_y ↔ -0.5P_y)×16 回→(nδ_y ↔ -0.5P_y)×8 回→(2nδ_y ↔ -0.5P_y)×8 回→拉至破壞[2]	抗拉強度	≥ 1.25f_y 且 ≥ f_u	≥ 1.25f_y 且 ≥ f_u	不適用
		滑動量 $(\delta_s)_{16c} - (\delta_s)_{1c}$	≤ 0.3 mm	≤ 0.3 mm	不適用
		滑動量 $(\delta_s)_{24c}$	≤ 0.9 mm	≤ 0.9 mm	不適用
		滑動量 $(\delta_s)_{32c}$	≤ 1.8 mm	不適用	不適用
		續接處外鋼筋之伸長率[1]	≥9%，鋼筋尺度 D32 以下	≥ 4%	不適用
			≥6%，鋼筋尺度 D36 以上		

[1]續接處外兩側鋼筋伸長率之較大值。

[2]第二類(A 級)完成 24 回後可拉至破壞；

fy≤4,200 kgf/cm2 [420 MPa]之鋼筋，塑性倍率 n=6；

fy=5,600 kgf/cm2 [550 MPa]之鋼筋，塑性倍率 n=5；

fy=7,000 kgf/cm2 [690 MPa]之鋼筋，塑性倍率 n=4。

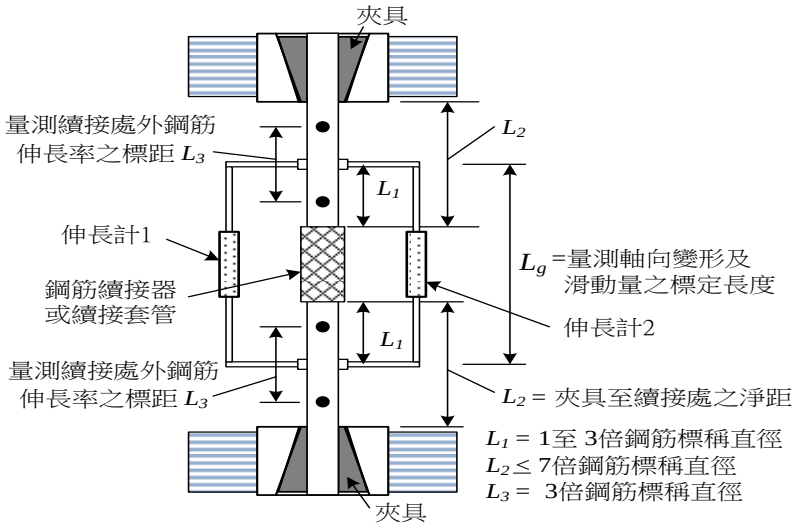
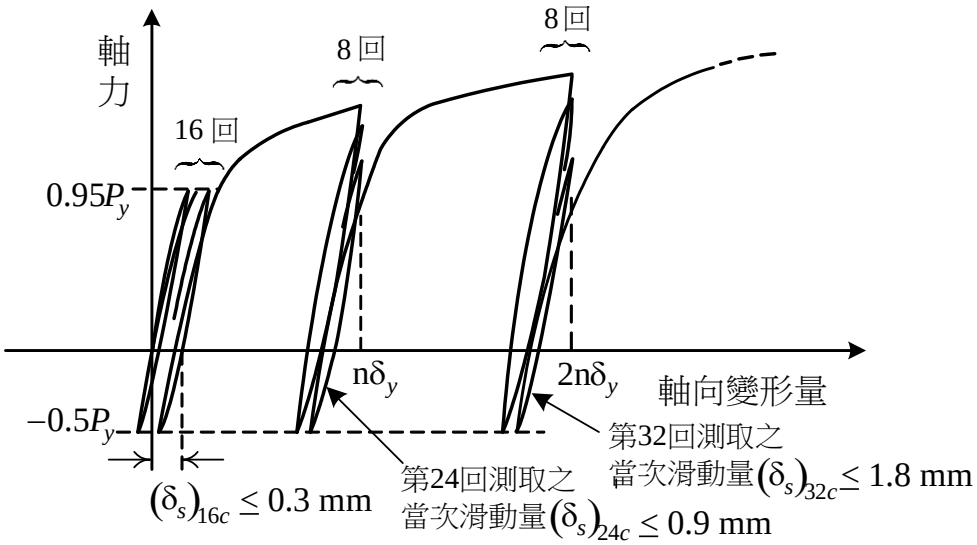


圖 A.4.4.2 試驗裝置　　單位:mm

試體編號	d_b	續接器長度 L_c	伸長計夾距 L_g	伸長率標距 L_3	淨距 L_2
TTK-Bar-550-12R-01	38.1	0	228	114	
TTK-Bar-550-12R-02	38.1	0	228	114	
TTK-Bar-550-12R-03	38.1	0	228	114	
TTK-Ace-550-12R-01	38.1	275	503	114	
TTK-Ace-550-12R-02	38.1	275	503	114	
TTK-Ace-550-12R-03	38.1	275	503	114	
TTK-Ace-550-12R-04	38.1	275	503	114	
TTK-Ace-550-12R-05	38.1	275	503	114	

TTK-Ace-550-12R-06	38.1	275	503	114	
TTK-Bar-550-12R-001	38.1	0	228	114	
TTK-Ace-550-12R-001	38.1	275	503	114	184
TTK-Ace-550-12R-002	38.1	275	503	114	184
TTK-Ace-550-12R-003	38.1	275	503	114	184
TTK-Ace-550-12R-004	38.1	275	351	38	108
TTK-Ace-550-12R-005	38.1	275	351	38	108
TTK-Ace-550-12R-006	38.1	275	351	38	108



加載至0.95P_y，反向加壓至 −0.50P_y，
重複16回到標稱零載重之殘留滑動量

圖 A.4.4.3 試驗加載程序

A.4.5 高塑性反復負載試驗結果

試體編號	抗拉強度	滑動量 $(\delta_s)_{16c} - (\delta_s)_{1c}$	滑動量 $(\delta_s)_{24c}$	滑動量 $(\delta_s)_{32c}$	伸長率*	判定
	≥ 690MPa	≤ 0.3mm	≤ 0.9mm	≤ 1.8mm		
TTK-Ace-550-12R-01	825	0.201−0.163 =0.038	0.392	0.587	24	SA
TTK-Ace-550-12R-02	835	0.195−0.076 =0.119	0.475	0.713	27	SA
TTK-Ace-550-12R-03	839	0.293−0.207 =0.086	0.371	0.580	25	SA
TTK-Ace-550-12R-04	833	0.210−0.157 =0.053	0.409	0.616	22	SA
TTK-Ace-550-12R-05	820	0.319−0.246 =0.073	0.360	0.588	27	SA
TTK-Ace-550-12R-06	826	0.153−0.140 0.013	0.415	0.616	22	SA
TTK-Ace-590-12R-001	804	0.240−0.132 =0.108	0.446	0.734	15†	SA

TTK-Ace-590-12R-002	797	0.181−0.136 =0.045	0.435	0.692	17†	SA
TTK-Ace-590-12R-003	792	0.380−0.194 =0.186	0.406	0.674	13	SA

試體編號	抗拉強度	滑動量 $(\delta_s)_{16c} - (\delta_s)_{1c}$	滑動量 $(\delta_s)_{24c}$	滑動量 $(\delta_s)_{32c}$	伸長率*	判定
	≥ 690MPa	≤ 0.3mm	≤ 0.9mm	≤ 1.8mm		
TTK-Ace-550-12R-004	792	0.238−0.133 =0.105	0.341	0.545	22†	SA
TTK--Ace -550-12R-005	797	0.147−0.104 =0.043	0.358	0.523	15†	SA
TTK--Ace -550-12R-006	799	0.152−0.100 =0.052	0.346	0.557	23	SA

試體編號	抗拉強度	滑動量 $(\delta_s)_{16c}$	滑動量 $(\delta_s)_{24c}$	滑動量 $(\delta_s)_{32c}$	伸長率*
TTK-Bar-550-12R-01	793	0.001	0.092	0.140	18
TTK-Bar-550-12R-02	802	0.029	0.087	0.125	23
TTK-Bar-550-12R-03	794	0.018	0.099	0.141	25
TTK-Bar-550-12R-001	793	0.001	0.092	0.140	18

*續接處外兩側鋼筋伸長率之較大值。SA 級≥9%(D32 以下)or6%(D36 以上)；A 級≥4%；B 級≥2%。

†伸長率標距外斷筋

未特別註記表示伸長率標距內斷筋

A.4.6 同軸度試驗目的

在施作續接器高塑性反復負載試驗時，常因被續接鋼筋與續接器軸度不同產生歪斜之情況，此現象極有可能造成施作續接器高塑性反復負載試驗時發生挫屈現象，使試體成為無效數據，若此不同軸度發生於施工現場將使結構物中續接器在未達其強度前即發生挫屈現象進而失去穩定，無法使續接器成功發揮其作用，為使續接器實驗在此方面更而完整，本次試驗擬訂此同軸度試驗用以在進行強度試驗前即排除不良試體，使試驗更趨於有效化並在有限的資源及時間下進行高塑性反復負載試驗。

A.4.7 同軸度試驗方法

將續接器組件測量如圖 A.4.7.1，並計算其最大斜率。

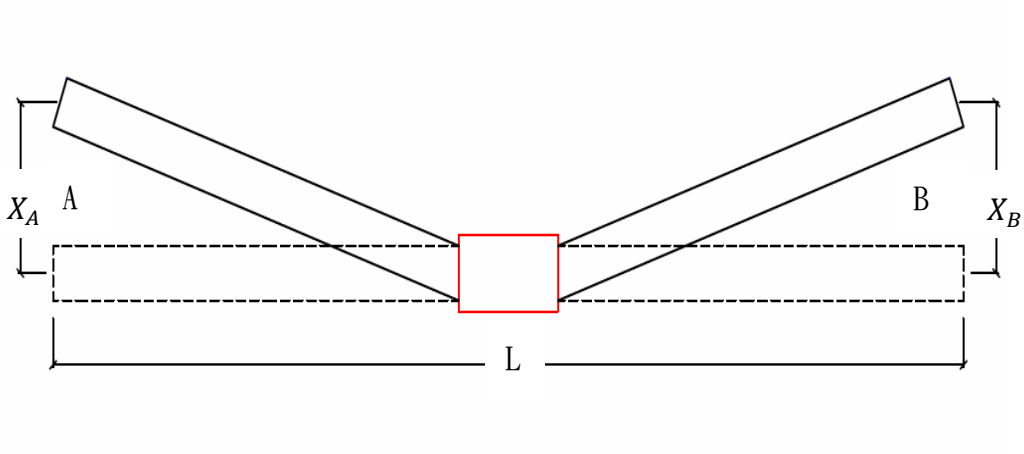


圖 A.4.7.1

A.4.8 同軸度試驗結果

試體編號	X_A(mm)	X_B(mm)	L(mm)	同軸度(1/斜率)
TTK-ACE-550-12R-001	3.3	5.7	1302	114
TTK-ACE-550-12R-002	3.8	4.3	1299	54
TTK-ACE-550-12R-003	1.3	3.9	1301	86
TTK-ACE-550-12R-004	5.1	7.9	1304	82
TTK-ACE-550-12R-005	5.9	6.1	1302	107
TTK-ACE-550-12R-006	3.9	4.3	1302	152

A.4.9 高塑性反復負載試體照片

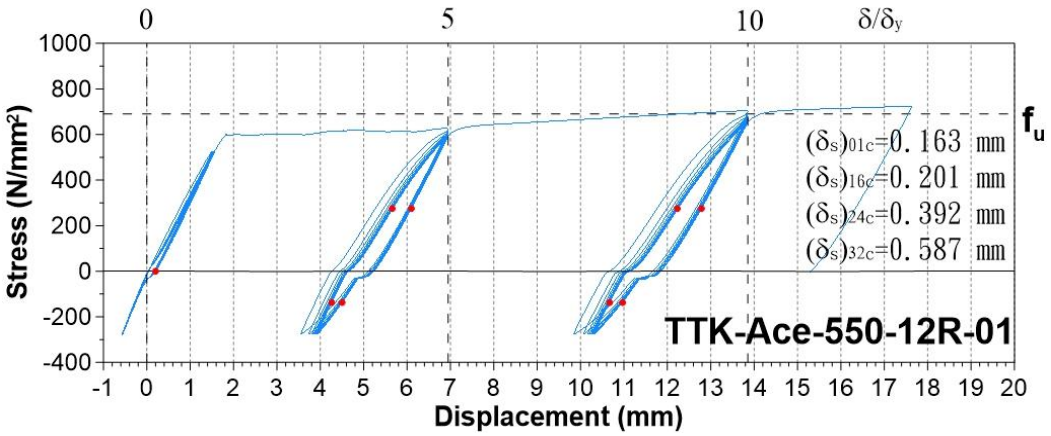


圖 A.4.9.01 試體 TTK-Ace-550-12R-01 載重位移曲線圖

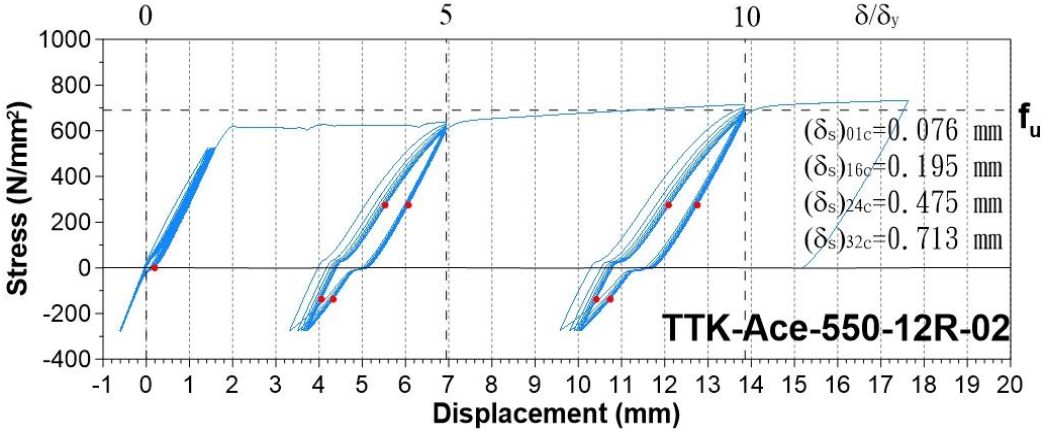


圖 A.4.9.02 試體 TTK-Ace-550-12R-02 載重位移曲線圖

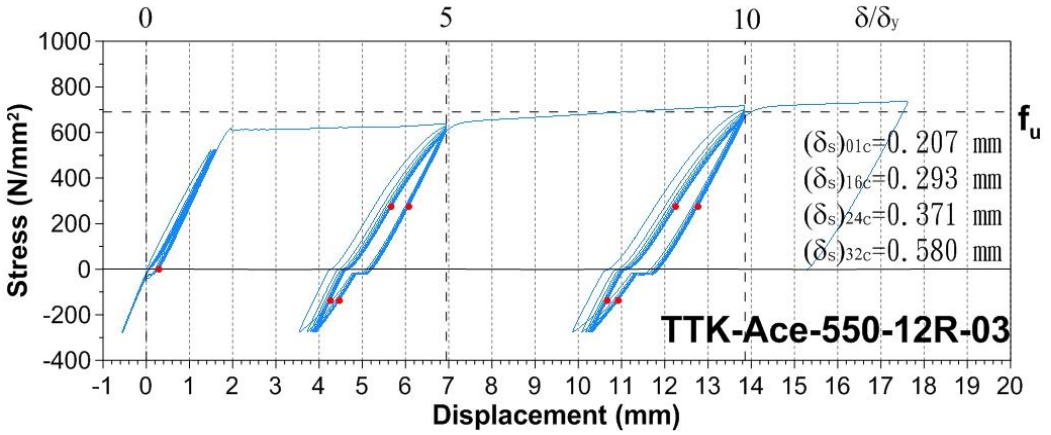


圖 A.4.9.03 試體 TTK-Ace-550-12R-03 載重位移曲線圖

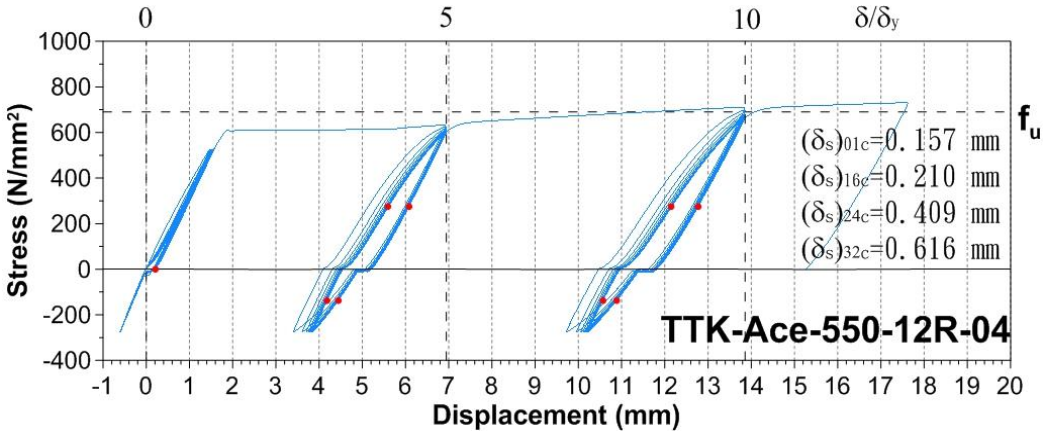


圖 A.4.9.04 試體 TTK-Ace-550-12R-04 載重位移曲線圖

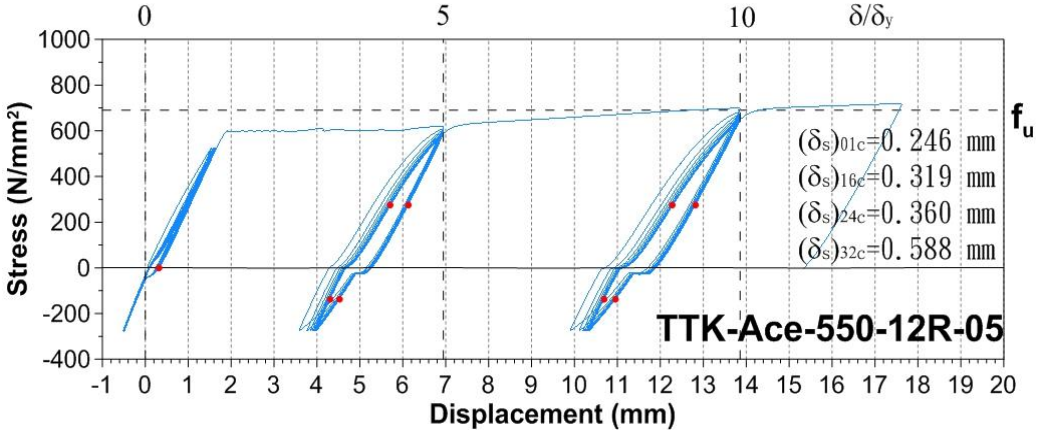


圖 A.4.9.05 試體 TTK-Ace-550-12R-05 載重位移曲線圖

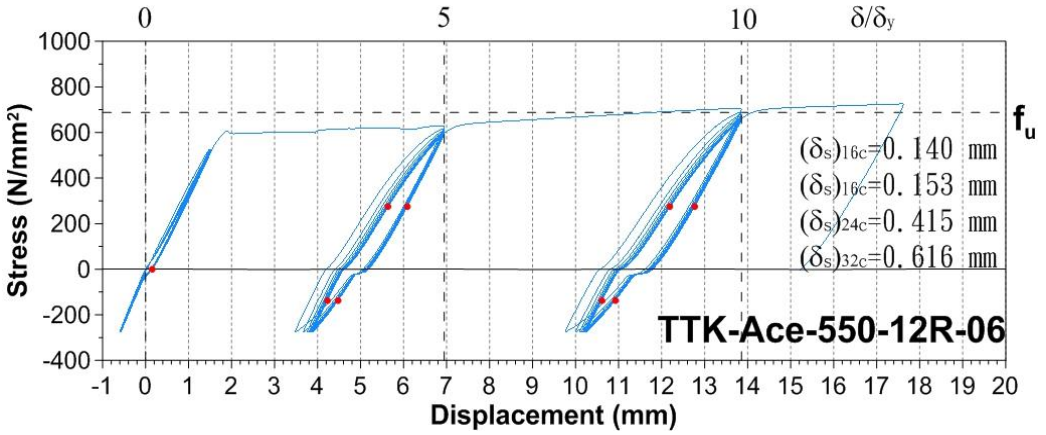


圖 A.4.9.06 試體 TTK-Ace-550-12R-06 載重位移曲線圖

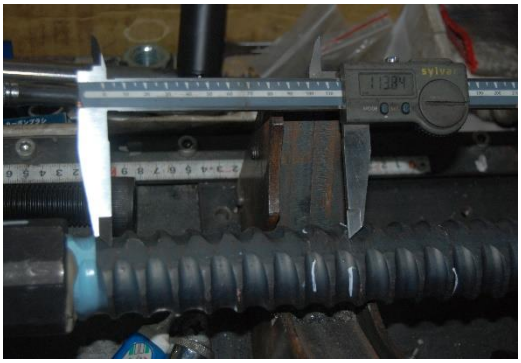


圖 A.4.9.07
試體 TTK-Ace-550-12R-001
實驗照片



圖 A.4.9.08
試體 TTK-Ace-550-12R-001
實驗照片



圖 A.4.9.09
試體 TTK-Ace-550-12R-001
實驗照片



圖 A.4.9.10
試體 TTK-Ace-550-12R-001
實驗照片

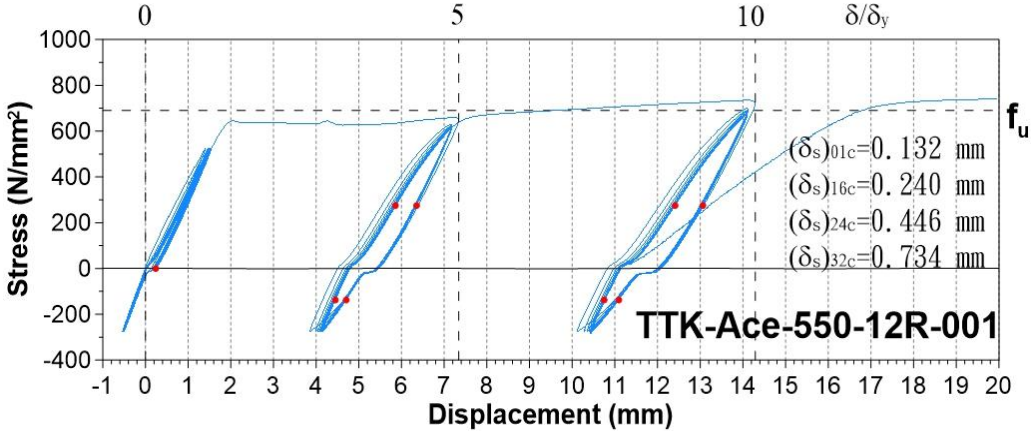


圖 A.4.9.11 試體 TTK-Ace-550-12R-001 載重位移曲線圖



圖 A.4.9.12
試體 TTK-Ace-550-12R-002
實驗照片



圖 A.4.9.13
試體 TTK-Ace-550-12R-002
實驗照片

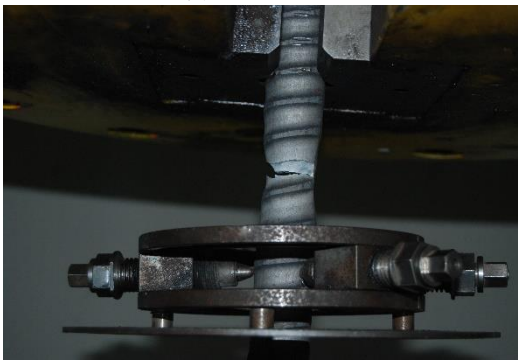


圖 A.4.9.14
試體 TTK-Ace-550-12R-002
實驗照片



圖 A.4.9.15
試體 TTK-Ace-550-12R-002
實驗照片

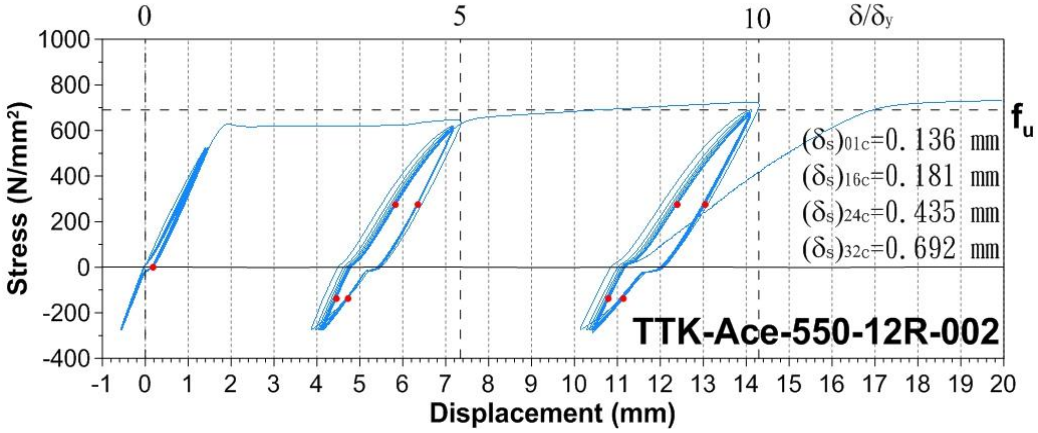


圖 A.4.9.16 試體 TTK-Ace-550-12R-002 載重位移曲線圖

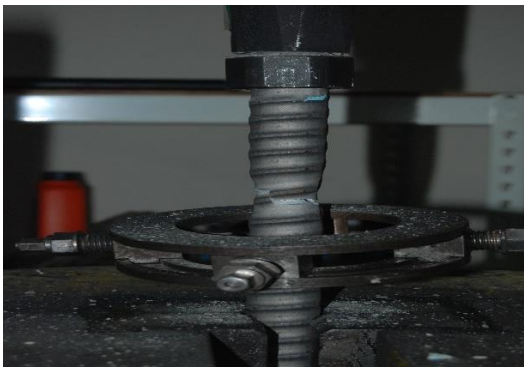


圖 A.4.9.17
試體 TTK-Ace-550-12R-003
實驗照片

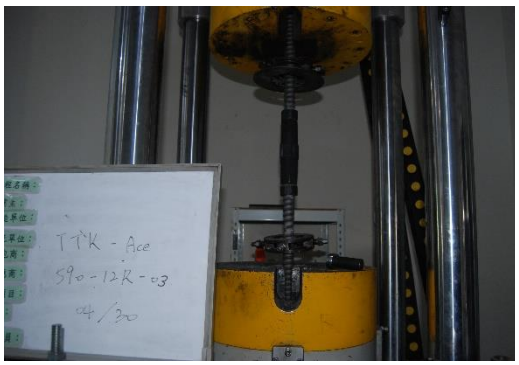


圖 A.4.9.18
試體 TTK-Ace-550-12R-003
實驗照片

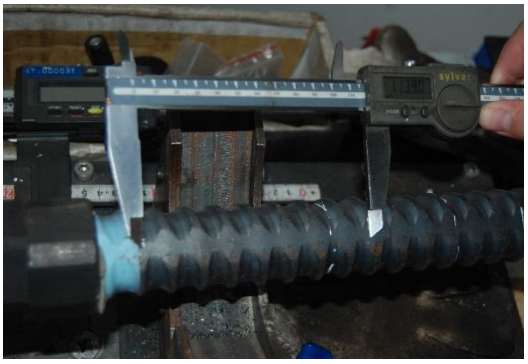


圖 A.4.9.19
試體 TTK-Ace-550-12R-003
實驗照片



圖 A.4.9.20
試體 TTK-Ace-550-12R-003
實驗照片

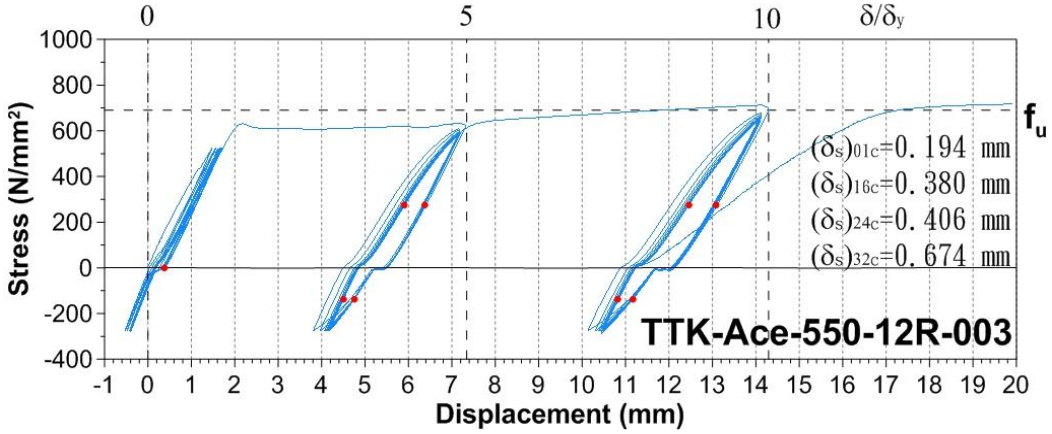


圖 A.4.9.21 試體 TTK-Ace-550-12R-003 載重位移曲線圖

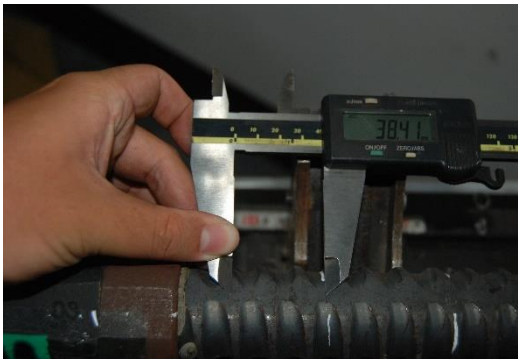


圖 A.4.9.22
試體 TTK-Ace-550-13R-004
實驗照片



圖 A.4.9.23
試體 TTK-Ace-550-13R-004
實驗照片

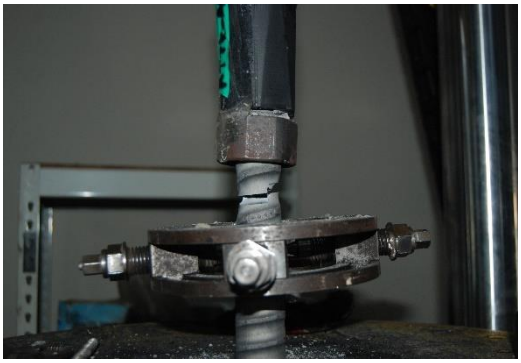


圖 A.4.9.24
試體 TTK-Ace-550-13R-004
實驗照片



圖 A.4.9.25
試體 TTK-Ace-550-13R-004
實驗照片

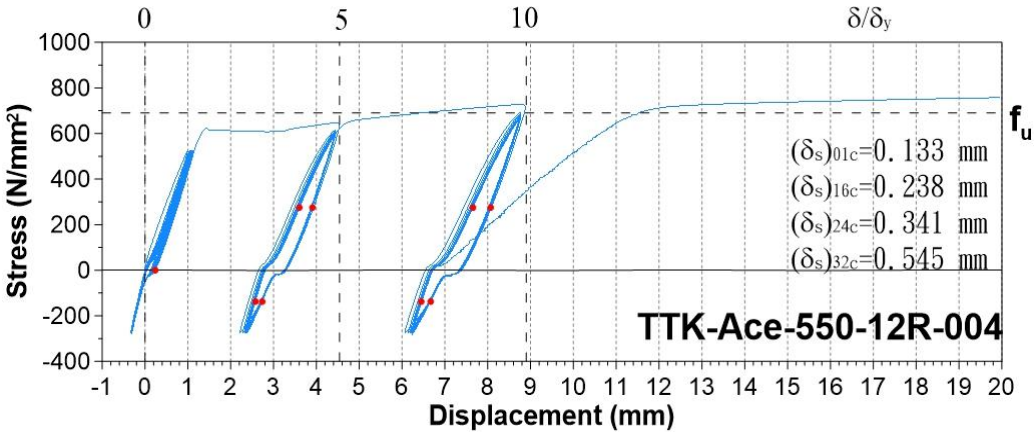


圖 A.4.9.26 試體 TTK-ce-550-13R-004 載重位移曲線圖

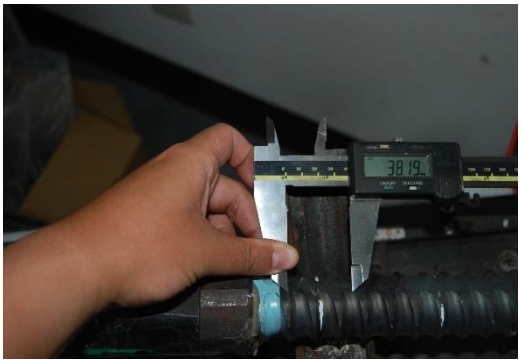


圖 A.4.9.27
試體 TTK-Ace-550-13R-005
實驗照片



圖 A.4.9.28
試體 TTK-Ace-550-13R-005
實驗照片

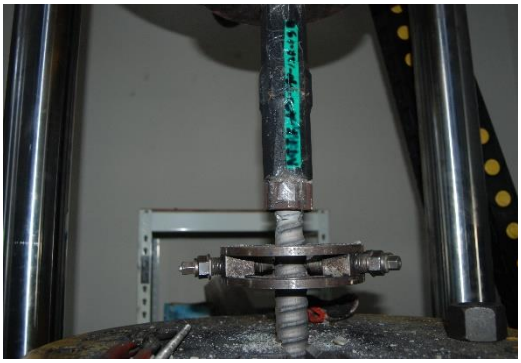


圖 A.4.9.29
試體 TTK-Ace-550-13R-005
實驗照片



圖 A.4.9.30
試體 TTK-Ace-550-13R-005
實驗照片

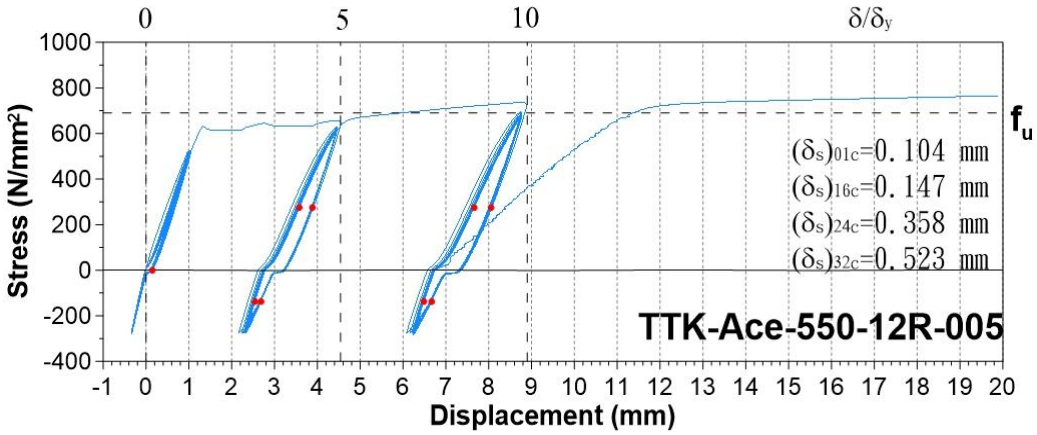


圖 A.4.9.31 試體 TTK-ce-550-13R-005 載重位移曲線圖



圖 A.4.9.32
試體 TTK-Ace-550-13R-006
實驗照片

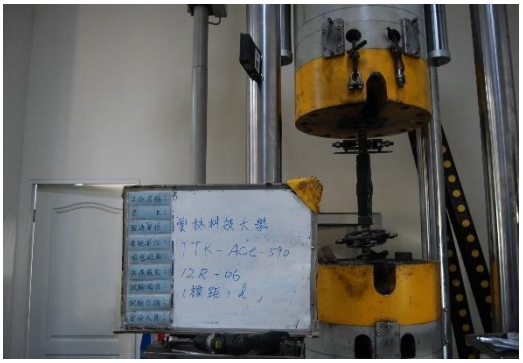


圖 A.4.9.33
試體 TTK-Ace-550-13R-006
實驗照片



圖 A.4.9.34
試體 TTK-Ace-550-13R-006
實驗照片



圖 A.4.9.35
試體 TTK-Ace-550-13R-006
實驗照片

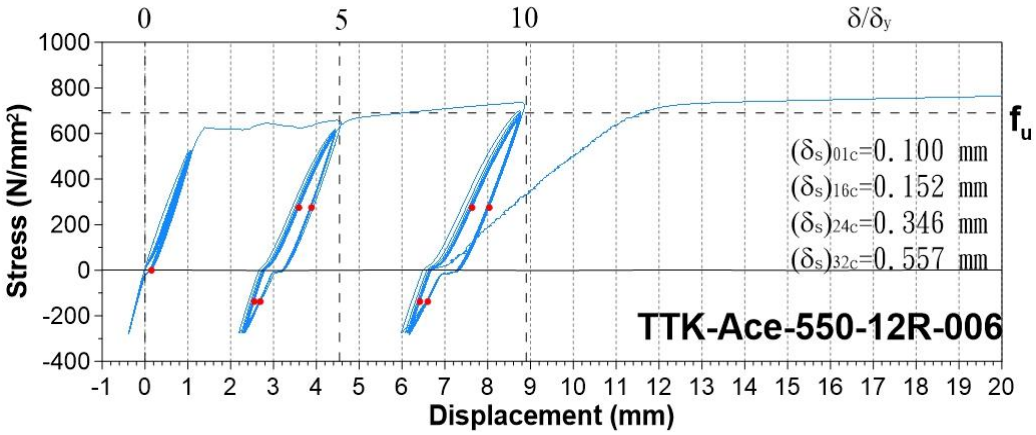


圖 A.4.9.36 試體 TTK-ce-550-13R-006 載重位移曲線圖

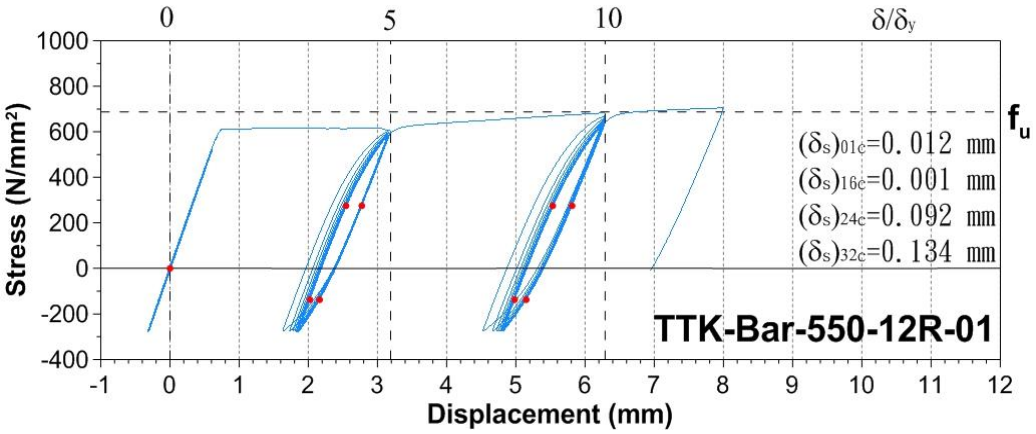


圖 A.4.9.37 試體 TTK-Bar-550-12R-01 載重位移曲線圖

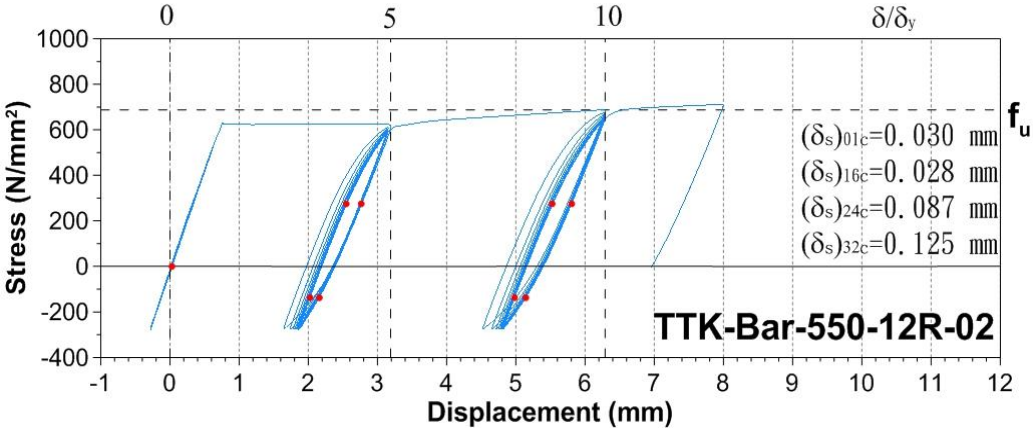


圖 A.4.9.38 試體 TTK-Bar-550-12R-02 載重位移曲線圖

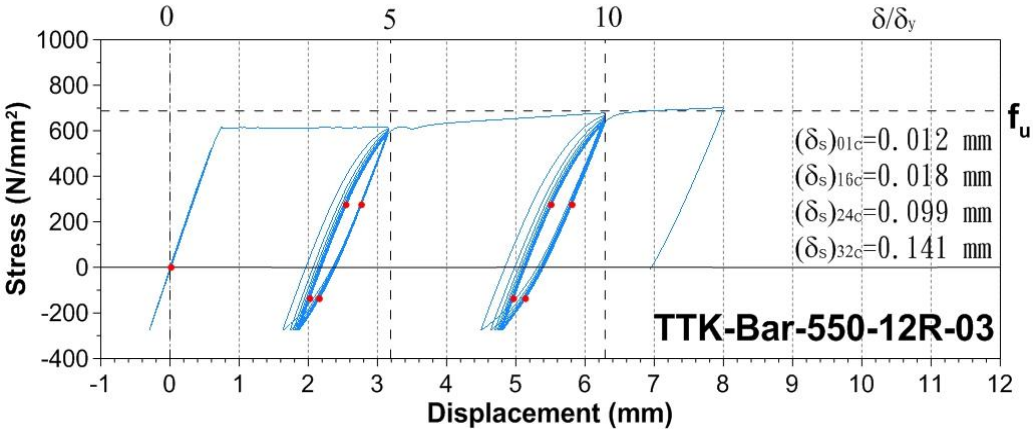


圖 A.4.9.39 試體 TTK-Ace-550-12R-03 載重位移曲線圖

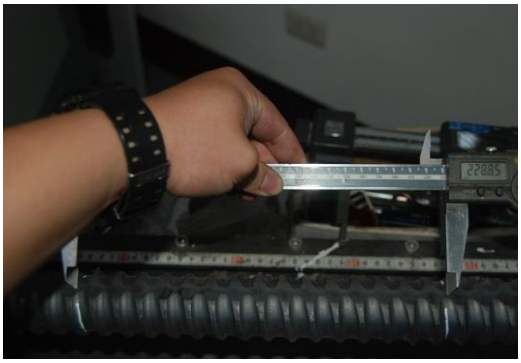


圖 A.4.9.40
試體 TTK-Bar-550-12R-001
實驗照片

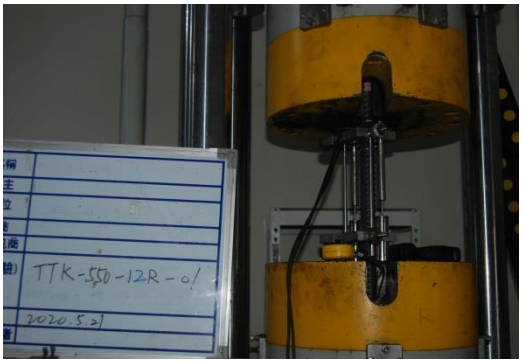


圖 A.4.9.41
試體 TTK-Bar-550-12R-001
實驗照片

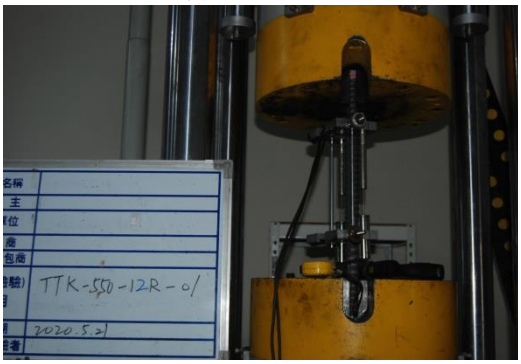


圖 A.4.9.42
試體 TTK-Bar-550-12R-001
實驗照片實驗照片



圖 A.4.9.43
試體 TTK-Bar-550-12R-001
實驗照片

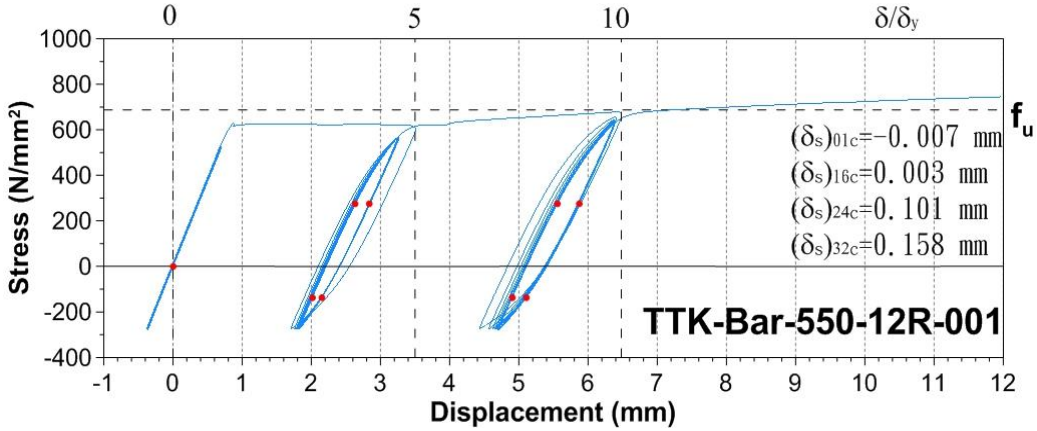


圖 A.4.9.44 試體 TTK-Bar-550-12R-001 載重位移曲線圖

A.4.10 同軸度試體照片



圖 A.4.10.1 同軸度實驗照片



圖 A.4.10.2 同軸度實驗照片



圖 A.4.10.3 同軸度實驗照片

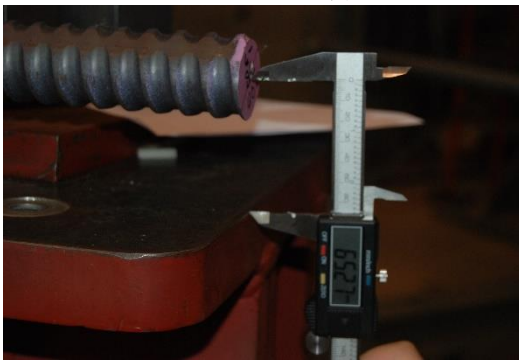


圖 A.4.10.4 同軸度實驗照片

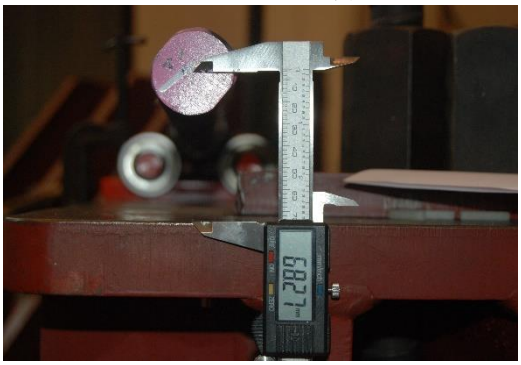


圖 A.4.10.5 同軸度實驗照片



圖 A.4.10.6 同軸度實驗照片

A.5 SD550W 螺紋節鋼筋續接組件試驗(日本製#13)

供料廠商：東京鉄鋼株式會社

取樣編號：TTK-Ace-550-13R

續接器組件及母材試驗報告

A.5.1 高塑性反復負載試驗目的

為因應 SD550W 鋼筋成為一般建築耐震構材用鋼筋，需要一個官方統一版本的續接器性能合格標準。儘管目前我國已有一套較美日更嚴謹的機械式續接檢驗和合格標準，但不適用較高強度鋼筋，需要補充實驗研究調整機械式續接的檢驗和合格標準，使新版規範更趨完備嚴謹。

A.5.2 高塑性反復負載試驗試體

此次高塑性反復負載試驗試體包含 TTK-Ace-550-13R 以表 A.5.2.1 表示。

表 A.5.2.1 續接器試體一覽表

試體編號	續接形式	續接鋼筋
TTK-Bar-550-13R-01	母材鋼筋	USD590 D41 螺紋節
TTK-Bar-550-13R-02	母材鋼筋	USD590 D41 螺紋節
TTK-Bar-550-13R-03	母材鋼筋	USD590 D41 螺紋節
TTK-Ace-550-13R-02	螺紋節鋼筋續接器	USD590 D41 螺紋節
TTK-Ace-550-13R-03	螺紋節鋼筋續接器	USD590 D41 螺紋節
TTK-Ace-550-13R-04	螺紋節鋼筋續接器	USD590 D41 螺紋節
TTK-Ace-550-13R-05	螺紋節鋼筋續接器	USD590 D41 螺紋節
TTK-Ace-550-13R-06	螺紋節鋼筋續接器	USD590 D41 螺紋節
TTK-Bar-550-13R-001	母材鋼筋	USD590 D41 螺紋節
TTK-Ace-550-13R-001	螺紋節鋼筋續接器	USD590 D41 螺紋節
TTK-Ace-550-13R-002	螺紋節鋼筋續接器	USD590 D41 螺紋節
TTK-Ace-550-13R-003	螺紋節鋼筋續接器	USD590 D41 螺紋節
TTK-Ace-550-13R-004	螺紋節鋼筋續接器	USD590 D41 螺紋節
TTK-Ace-550-13R-005	螺紋節鋼筋續接器	USD590 D41 螺紋節
TTK-Ace-550-13R-006	螺紋節鋼筋續接器	USD590 D41 螺紋節

A.5.3 高塑性反復負載試體製作

(1)鋼筋

採用螺紋節鋼筋 USD590-D41

(2)續接器

採用東京鐵鋼出產之螺紋節鋼筋續接器。

(http://www.tokyotekko.co.jp/zh/index.html)

(3)填充材

使用 TTK 砂漿填充材(TTK Grout 600)，管理項目如以 A.5.3.1 表示，抗壓強度以表 A.5.3.2 表示。

表 A.5.3.1

水量	1.9L	材溫	8.8℃
氣溫	13.3℃	坍度值	160mm X 160mm
水溫	13.6℃	批號	MCB203

表 A.5.3.2

壓縮試驗-試體編號	填充材壓縮強度-N/mm
試體-1	94.7
試體-2	75.4
試體-3	71.8
平均	80.6

A.5.4 高塑性反復負載試驗方法

本試驗規劃各項試驗參考 CNS 15560，並擬定新規範辦理用以適用於 490 MPa 以上之鋼種，其允收標準以表 A.5.4.1 表示。試驗裝置及加載程序如圖 A.5.4.2 及圖 A.5.4.3 表示。

表 A.5.4.1 各級續接器允收標準

試驗項目	加載程序	指標	合格標準		
			第三類 (SA 級)	第二類 (A 級)	第一類 (B 級)
高塑性反復負載試驗	0→(0.95P_y ↔ -0.5P_y)×16 回→(nδ_y ↔ -0.5P_y)×8 回→(2nδ_y ↔ -0.5P_y)×8 回→拉至破壞[2]	抗拉強度	≥ 1.25f_y 且 ≥ f_u	≥ 1.25f_y 且 ≥ f_u	不適用
		滑動量 $(\delta_s)_{16c} - (\delta_s)_{1c}$	≤ 0.3 mm	≤ 0.3 mm	不適用
		滑動量 $(\delta_s)_{24c}$	≤ 0.9 mm	≤ 0.9 mm	不適用
		滑動量 $(\delta_s)_{32c}$	≤ 1.8 mm	不適用	不適用
		續接處外鋼筋之伸長率[1]	≥9%，鋼筋尺度 D32 以下	≥ 4%	不適用
			≥6%，鋼筋尺度 D36 以上		

[1]續接處外兩側鋼筋伸長率之較大值。

[2]第二類(A 級)完成 24 回後可拉至破壞；

fy≤4,200 kgf/cm2 [420 MPa]之鋼筋，塑性倍率 n=6；

fy=5,600 kgf/cm2 [550 MPa]之鋼筋，塑性倍率 n=5；

fy=7,000 kgf/cm2 [690 MPa]之鋼筋，塑性倍率 n=4。

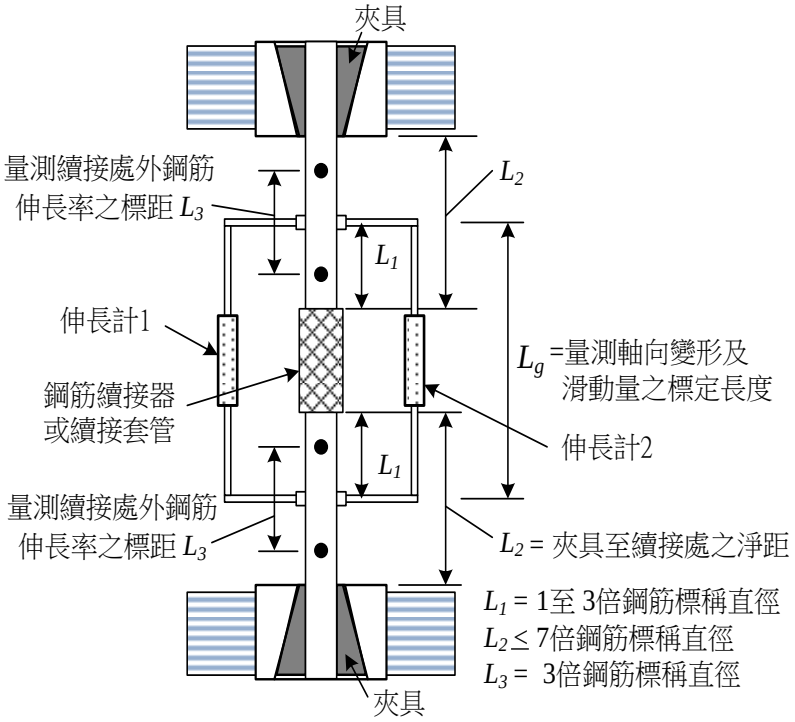
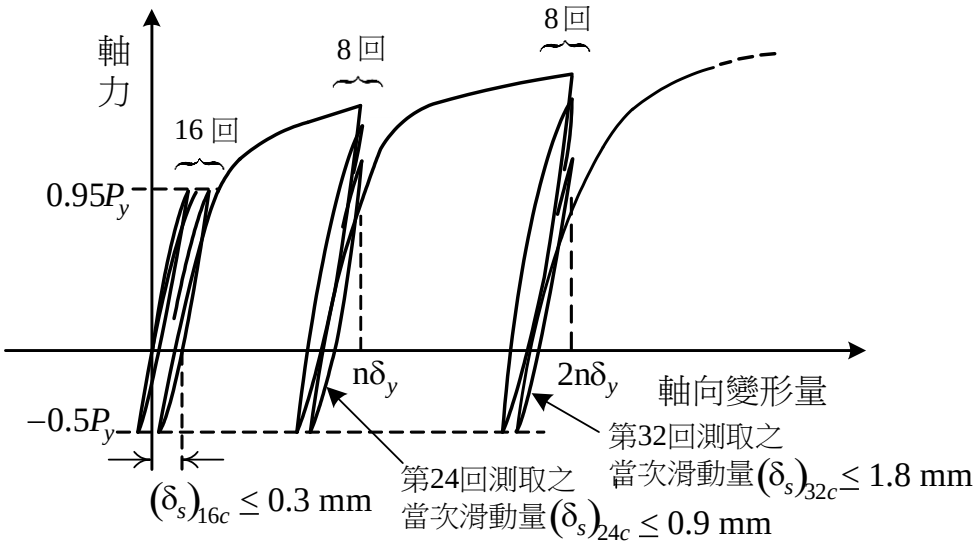


圖 A.5.4.2 試驗裝置　　單位:mm

試體編號	d_b	續接器長度 L_c	伸長計夾距 L_g	伸長率標距 L_3	淨距 L_2
TTK-Bar-550-13R-01	41.3	0	248	124	
TTK-Bar-550-13R-02	41.3	0	248	124	
TTK-Bar-550-13R-03	41.3	0	248	124	
TTK-Ace-550-13R-01	41.3	280	528	124	
TTK-Ace-550-13R-02	41.3	280	528	124	
TTK-Ace-550-13R-03	41.3	280	528	124	
TTK-Ace-550-13R-04	41.3	280	528	124	

TTK-Ace-550-13R-05	41.3	280	528	124	
TTK-Ace-550-13R-06	41.3	280	528	124	
TTK-Bar-550-13R-001	41.3	0	248	124	194
TTK-Ace-550-13R-001	41.3	280	528	124	194
TTK-Ace-550-13R-002	41.3	280	528	124	194
TTK-Ace-550-13R-003	41.3	280	528	124	
TTK-Ace-550-13R-004	41.3	280	363	41	111
TTK-Ace-550-13R-005	41.3	280	363	41	111
TTK-Ace-550-13R-006	41.3	280	363	41	111



加載至0.95P_y，反向加壓至 −0.50P_y，
重複16回到標稱零載重之殘留滑動量

圖 A.5.4.3 試驗加載程序

A.5.5 高塑性反復負載試驗結果

試體編號	抗拉強度	滑動量 $(\delta_s)_{16c}-(\delta_s)_{1c}$	滑動量 $(\delta_s)_{24c}$	滑動量 $(\delta_s)_{32c}$	伸長率*	判定
	≥ 690MPa	≤ 0.3mm	≤ 0.9mm	≤ 1.8mm		
TTK-Ace-550-13R-02	779	0.109−0.088 =0.021	0.352	0.501	12†	SA
TTK-Ace-550-13R-03	795	0.159−0.089 =0.070	0.383	0.540	12†	SA
TTK-Ace-550-13R-04	791	0.132−0.108 =0.024	0.355	0.507	11†	SA
TTK-Ace-550-13R-05	766	0.144−0.177 =−0.033	0.304	0.475	23	SA
TTK-Ace-550-13R-06	784	0.150−0.162 =−0.012	0.334	0.499	10†	SA
TTK-Ace-590-13R-001	790	0.180−0.119 =0.061	0.399	0.593	14	SA
TTK-Ace-590-13R-002	788	0.271−0.136 =0.135	0.394	0.590	25	SA

TTK-Ace-590-13R-003	792	0.097−0.099 =−0.002	0.402	0.586	21	SA

試體編號	抗拉強度	滑動量 $(\delta_s)_{16c}-(\delta_s)_{1c}$	滑動量 $(\delta_s)_{24c}$	滑動量 $(\delta_s)_{32c}$	伸長率*	判定
	≥ 690MPa	≤ 0.3mm	≤ 0.9mm	≤ 1.8mm		
TTK-Ace-550-13R-004	792	0.080−0.069 =0.011	0.315	0.460	26	SA
TTK-Ace-550-13R-005	792	0.210−0.109 =0.101	0.310	0.508	23	SA
TTK-Ace-550-13R-006	793	0.125−0.103 =0.022	0.359	0.534	38	SA

試體編號	抗拉強度	滑動量 $(\delta_s)_{16c}$	滑動量 $(\delta_s)_{24c}$	滑動量 $(\delta_s)_{32c}$	伸長率*
TTK-Bar-550-13R-01	783	0.030	0.109	0.146	22
TTK-Bar-550-13R-02	795	0.000	0.111	0.146	16
TTK-Bar-550-13R-03	797	0.016	0.107	0.151	21
TTK-Bar-550-13R-001	791	−0.114	0.174	0.176	31

*續接處外兩側鋼筋伸長率之較大值。SA 級≥9%(D32 以下)or6%(D36 以上)；A 級≥4%；B 級≥2%。

†伸長率標距外斷筋

未特別註記表示伸長率標距內斷筋

A.5.6 同軸度試驗試驗目的

在施作續接器高塑性反復負載試驗時，常因被續接鋼筋與續接器軸度不同產生歪斜之情況，此現象極有可能造成施作續接器高塑性反復負載試驗時發生挫屈現象，使試體成為無效數據，若此不同軸度發生於施工現場將使結構物中續接器在未達其強度前即發生挫屈現象進而失去穩定，無法使續接器成功發揮其作用，為使續接器實驗在此方面更而完整，本次試驗擬訂此同軸度試驗用以在進行強度試驗前即排除不良試體，使試驗更趨於有效化並在有限的資源及時間下進行高塑性反復負載試驗。

A.5.7 同軸度試驗試驗方法

將續接器組件測量如圖 A.5.7.1，並計算其最大斜率。

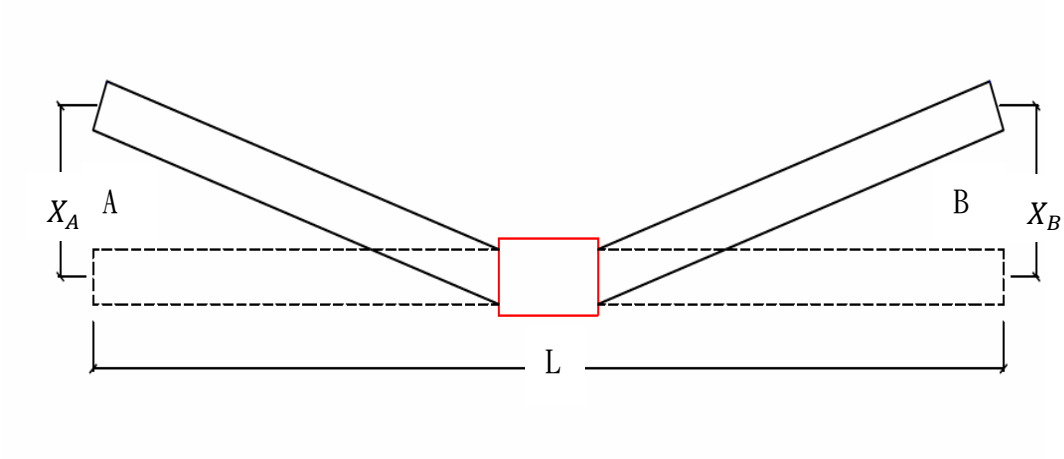


圖 A.5.7.1

A.5.8 同軸度試驗試驗結果

試體編號	X_A(mm)	X_B(mm)	L(mm)	同軸度 (1/斜率)
TTK-ACE-550-12R-001	1.4	4.3	1300	150
TTK-ACE-550-12R-002	5.8	1.8	1304	111
TTK-ACE-550-12R-003	1.0	5.2	1305	126

TTK-ACE-550-12R-004	2.7	3.2	1302	205
TTK-ACE-550-12R-005	1.1	3.2	1301	202
TTK-ACE-550-12R-006	7.0	6.8	1301	96

A.5.9 高塑性反復負載試體照片

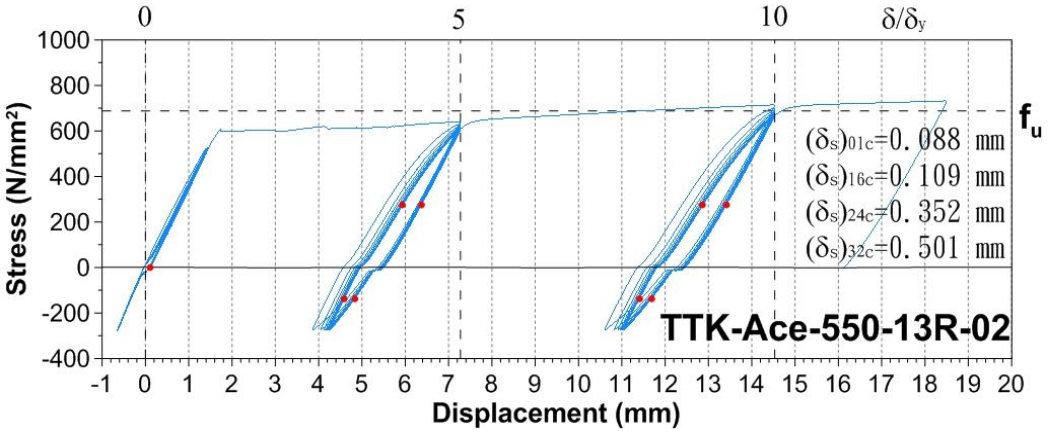


圖 A.5.9.01 試體 TTK-Ace-550-13R-02 載重位移曲線圖

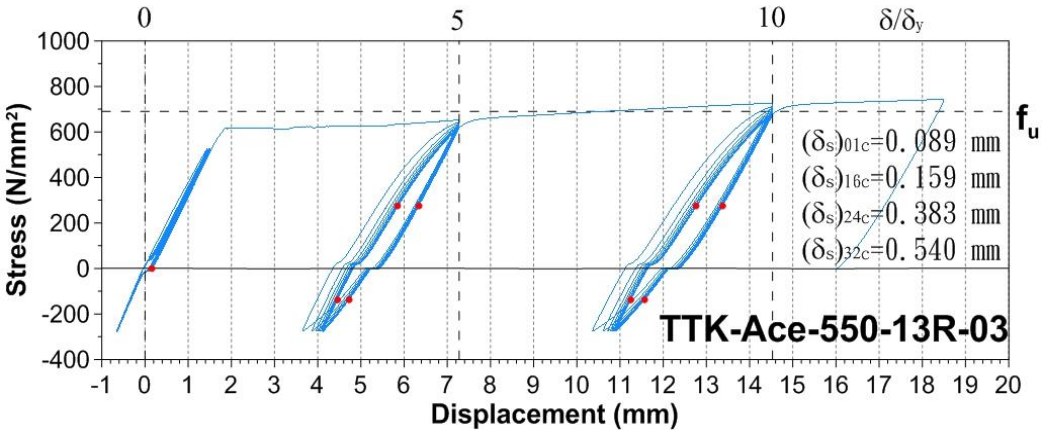


圖 A.5.9.02 試體 TTK-Ace-550-13R-03 載重位移曲線圖

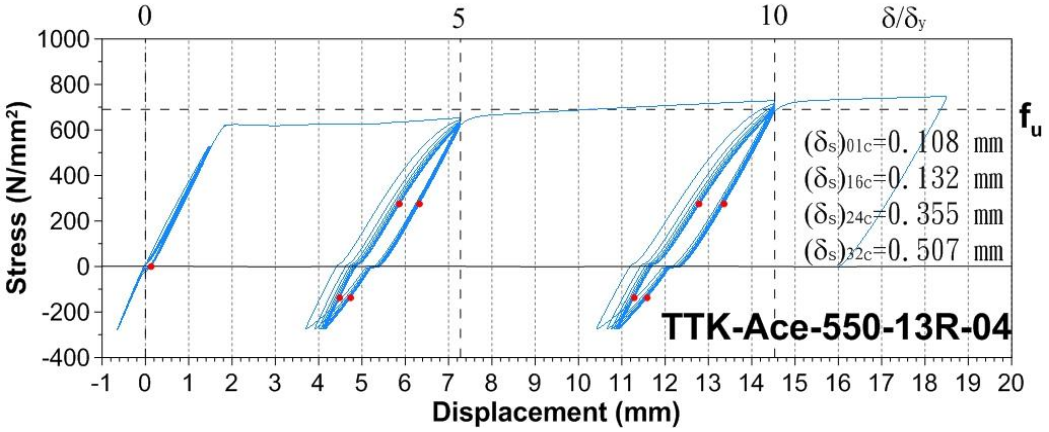


圖 A.5.9.03 試體 TTK-Ace-550-13R-04 載重位移曲線圖

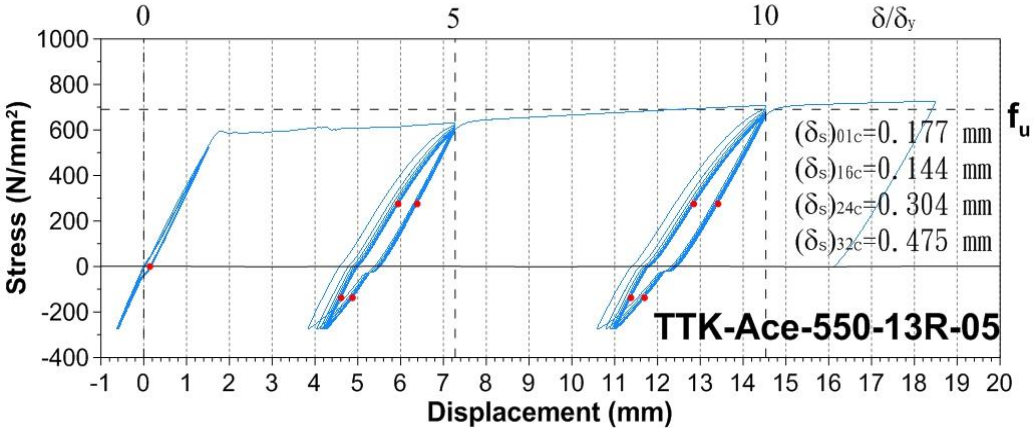


圖 A.5.9.04 試體 TTK-Ace-550-13R-05 載重位移曲線圖

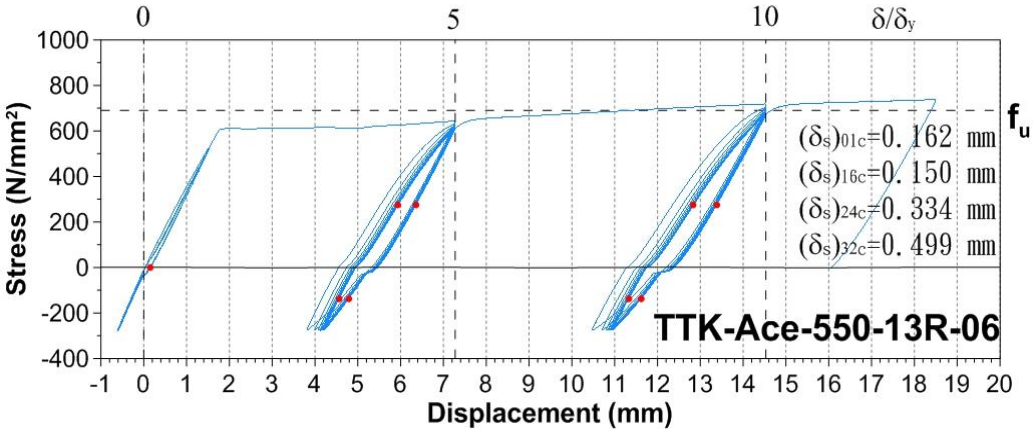


圖 A.5.9.05 試體 TTK-Ace-550-13R-06 載重位移曲線圖

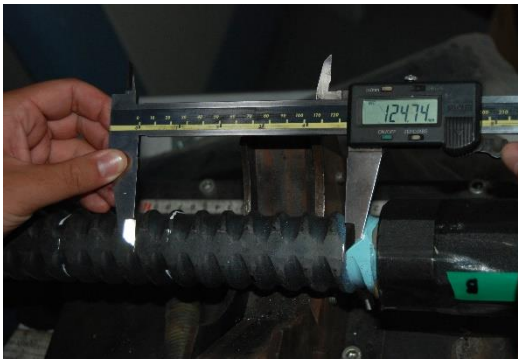


圖 A.5.9.06
試體 TTK-Ace-550-13R-001
實驗照片

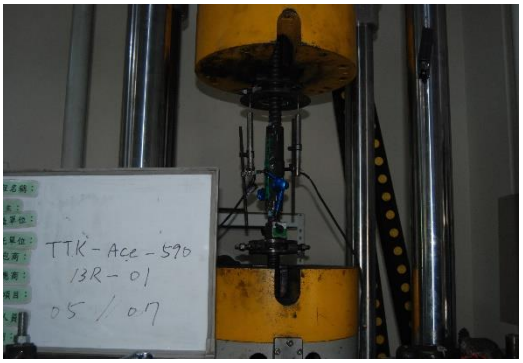


圖 A.5.9.07
試體 TTK-Ace-550-13R-001
實驗照片



圖 A.5.9.08
試體 TTK-Ace-550-13R-001
實驗照片



圖 A.5.9.09
試體 TTK-Ace-550-13R-001
實驗照片

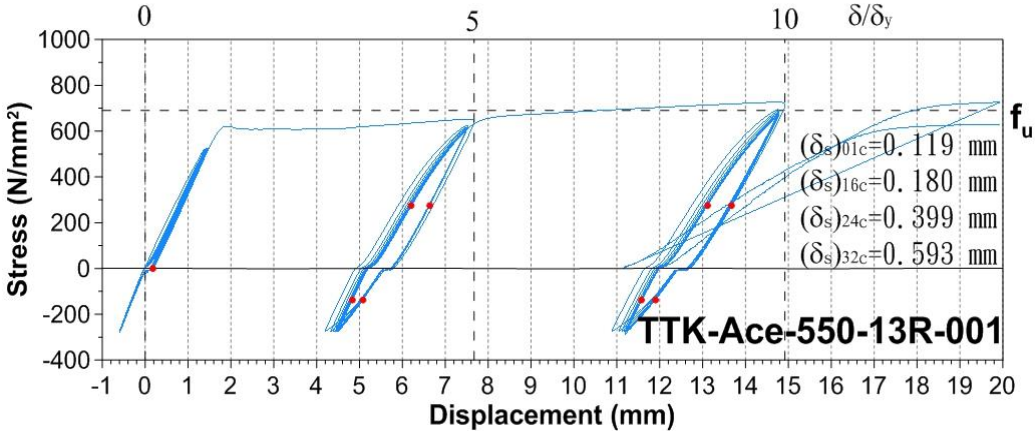


圖 A.5.9.10 試體 TTK-Ace-550-13R-001 載重位移曲線圖



圖 A.5.9.11
試體 TTK-Ace-550-13R-002
實驗照片



圖 A.5.9.12
試體 TTK-Ace-550-13R-002
實驗照片



圖 A.5.9.13
試體 TTK-Ace-550-13R-002
實驗照片



圖 A.5.9.14
試體 TTK-Ace-550-13R-002
實驗照片

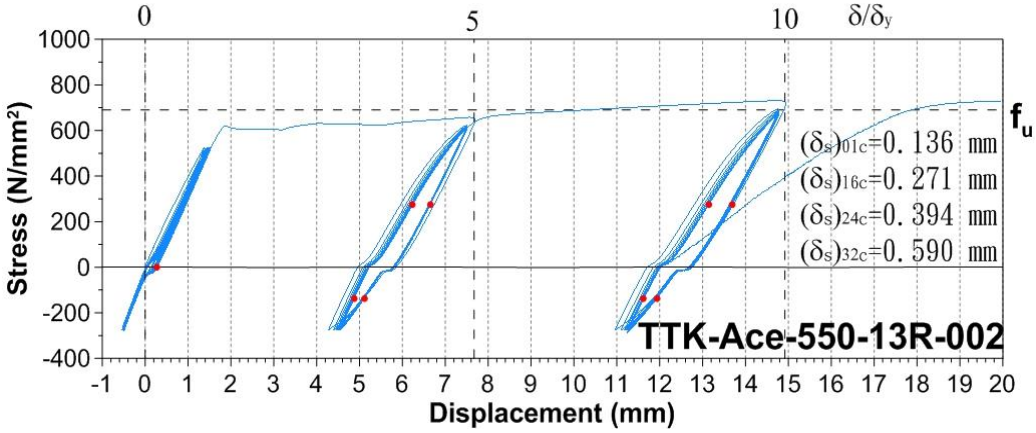


圖 A.5.9.15 試體 TTK-Ace-550-13R-002 載重位移曲線圖

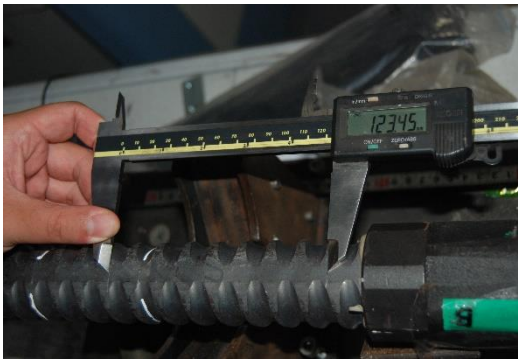


圖 A.5.9.16
試體 TTK-Ace-550-13R-003
實驗照片

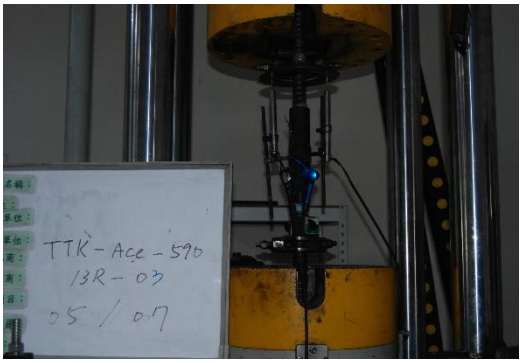


圖 A.5.9.17
試體 TTK-Ace-550-13R-003
實驗照片

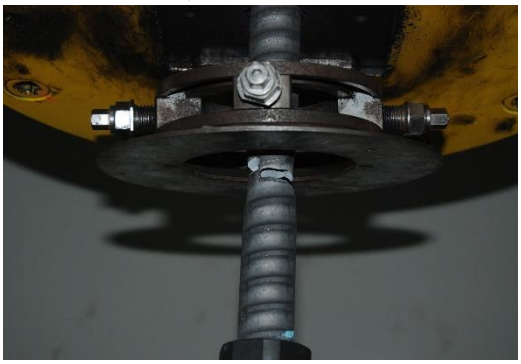


圖 A.5.9.18
試體 TTK-Ace-550-13R-003
實驗照片



圖 A.5.9.19
試體 TTK-Ace-550-13R-003
實驗照片

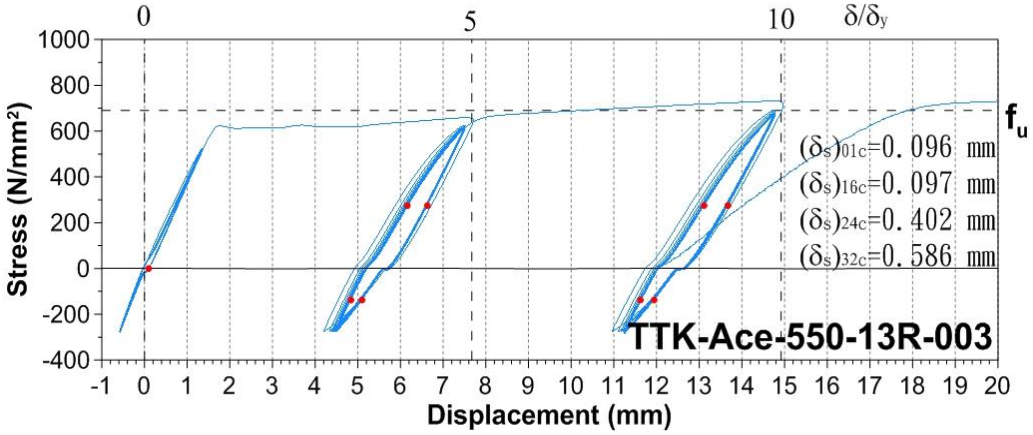


圖 A.5.9.20 試體 TTK-Ace-550-13R-003 載重位移曲線圖



圖 A.5.9.21
試體 TTK-Ace-550-13R-004
實驗照片

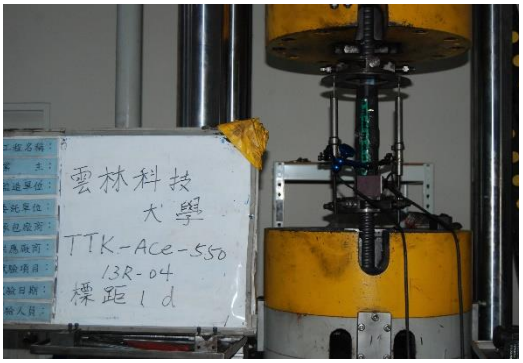


圖 A.5.9.22
試體 TTK-Ace-550-13R-004
實驗照片



圖 A.5.9.23
試體 TTK-Ace-550-13R-004
實驗照片



圖 A.5.9.24
試體 TTK-Ace-550-13R-004
實驗照片

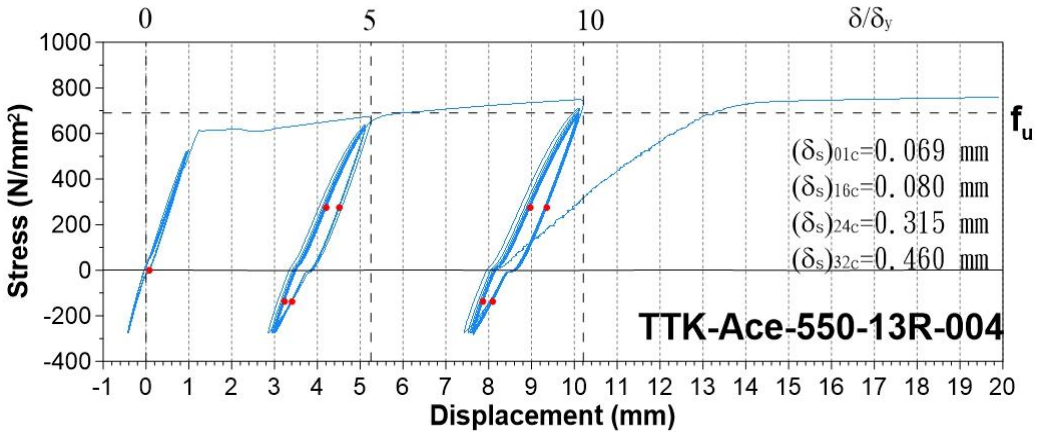


圖 A.5.9.25 試體 TTK-Ace-550-13R-004 載重位移曲線圖



圖 A.5.9.26
試體 TTK-Ace-550-13R-005
實驗照片



圖 A.5.9.27
試體 TTK-Ace-550-13R-005
實驗照片

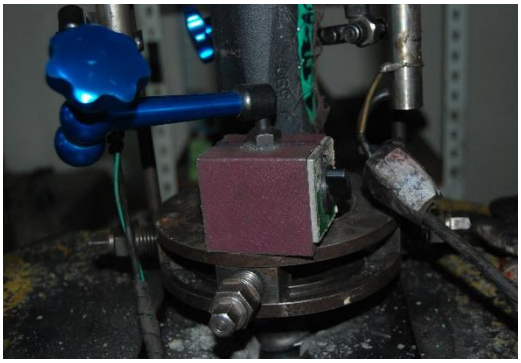


圖 A.5.9.28
試體 TTK-Ace-550-13R-005
實驗照片



圖 A.5.9.29
試體 TTK-Ace-550-13R-005
實驗照片

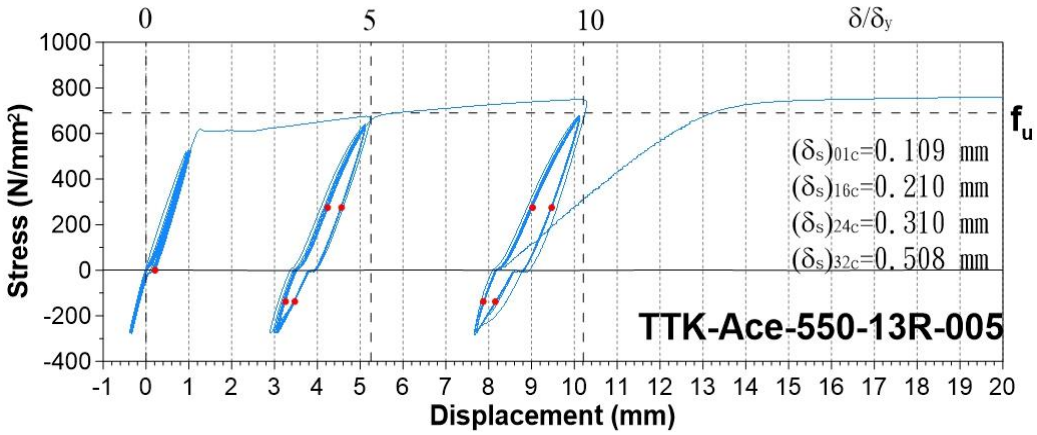


圖 A.5.9.30 試體 TTK-Ace-550-13R-005 載重位移曲線圖



圖 A.5.9.31
試體 TTK-Ace-550-13R-006
實驗照片



圖 A.5.9.32
試體 TTK-Ace-550-13R-006
實驗照片

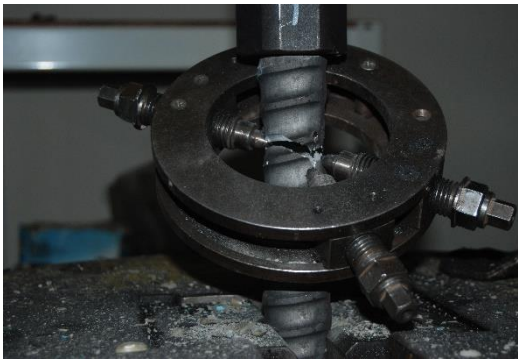


圖 A.5.9.33
試體 TTK-Ace-550-13R-006
實驗照片



圖 A.5.9.34
試體 TTK-Ace-550-13R-006
實驗照片

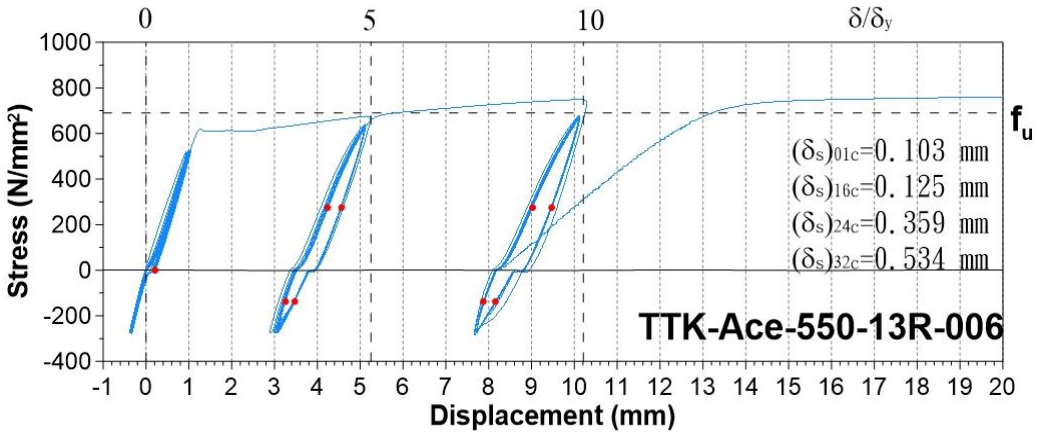


圖 A.5.9.35 試體 TTK-Ace-550-13R-006 載重位移曲線圖

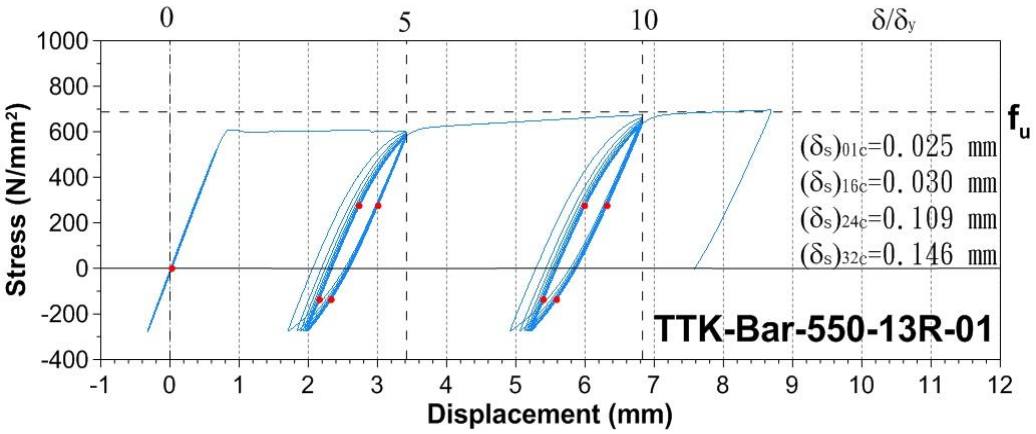


圖 A.5.9.36 試體 TTK-Ace-550-13R-01 載重位移曲線圖

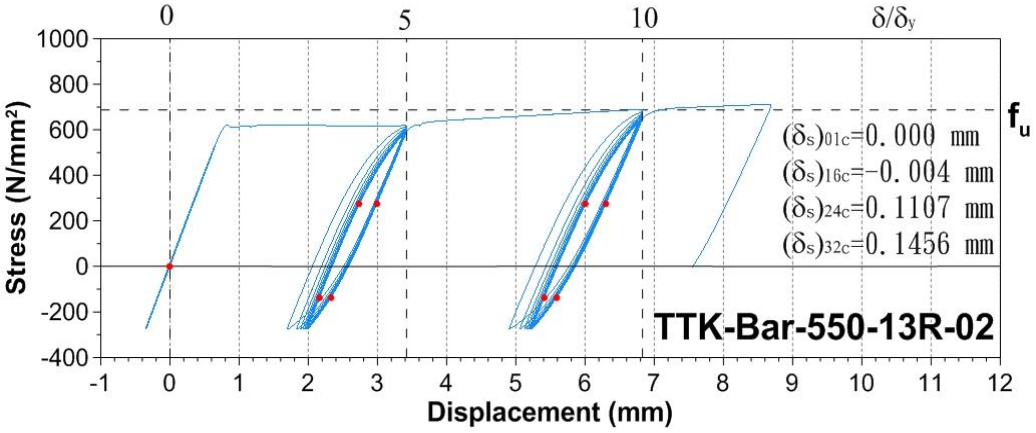


圖 A.5.9.37 試體 TTK-Ace-550-13R-02 載重位移曲線圖

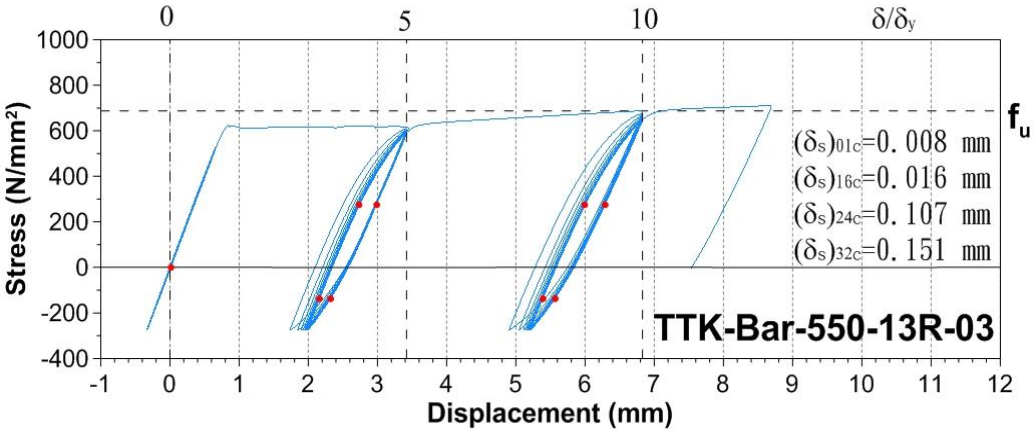


圖 A.5.9.38 試體 TTK-Ace-550-13R-03 載重位移曲線圖

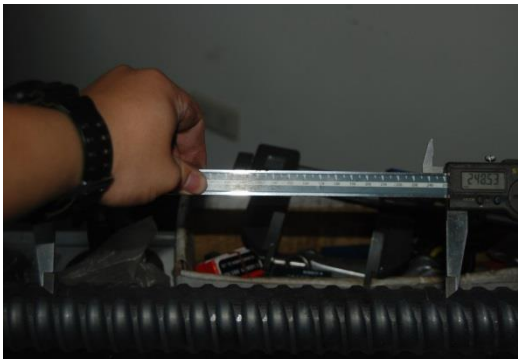


圖 A.5.9.39
試體 TTK-Bar-550-13R-001
實驗照片

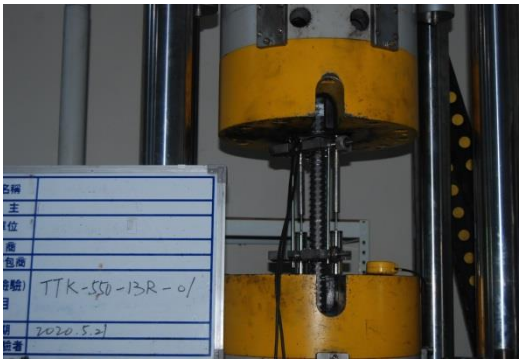


圖 A.5.9.40
試體 TTK- Bar -550-13R-001
實驗照片

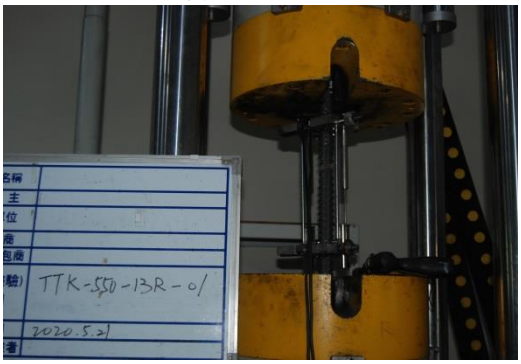


圖 A.5.9.41
試體 TTK- Bar -550-13R-001
實驗照片



圖 A.5.9.42
試體 TTK- Bar -550-13R-001
實驗照片

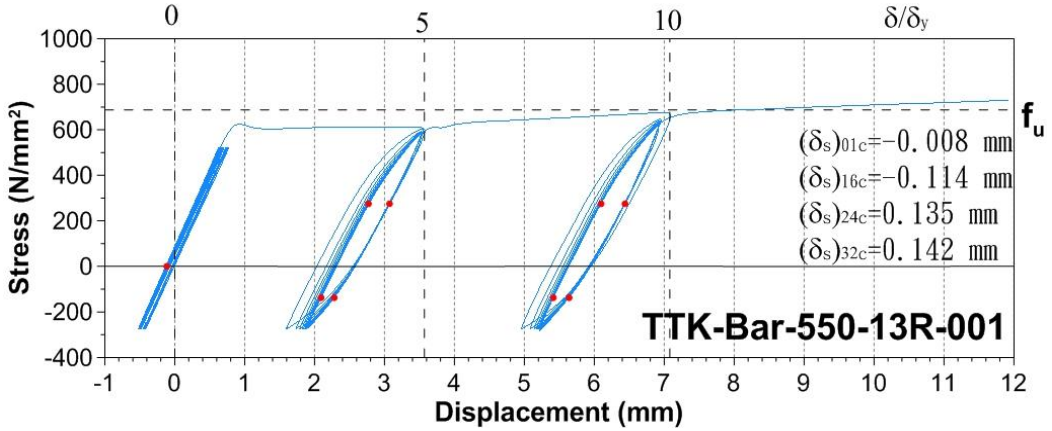


圖 A.5.9.43 試體 TTK-Bar-550-13R-001 載重位移曲線圖

A.5.10 同軸度試驗照片

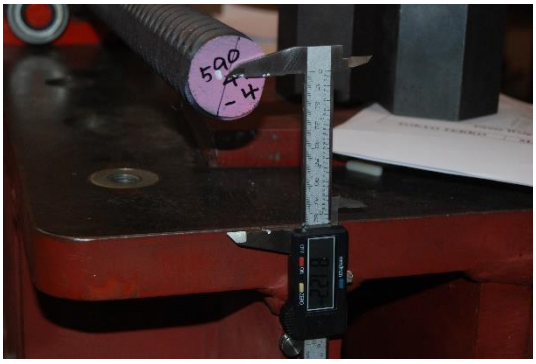


圖 A.5.10.1 同軸度實驗照片

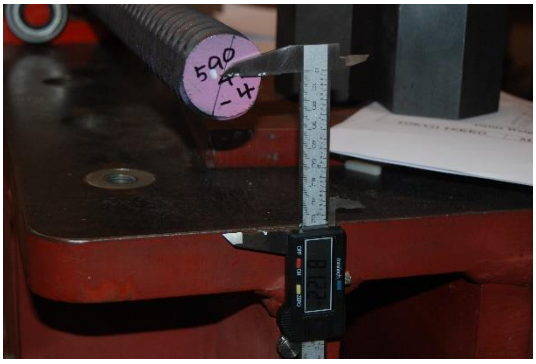


圖 A.5.10.2 同軸度實驗照片

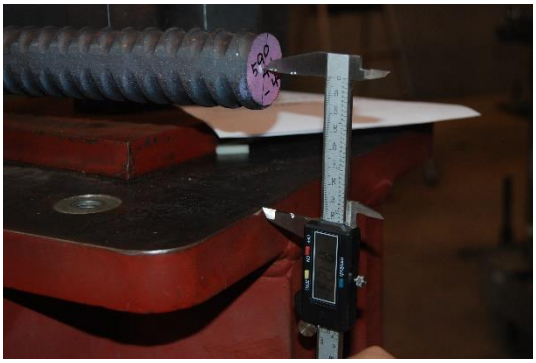


圖 A.5.10.3 同軸度實驗照片

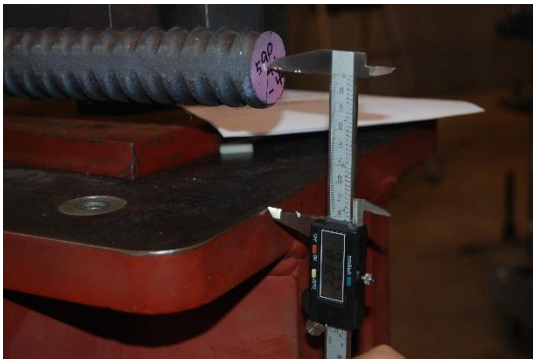


圖 A.5.10.4 同軸度實驗照片



圖 A.5.10.5 同軸度實驗照片



圖 A.5.10.6 同軸度實驗照片

A.6 SD550W 螺紋節鋼筋續接組件試驗(#11)

供料廠商：東和鋼鐵

取樣編號：TH-SJ-550-11R

續接器組件及母材試驗報告

A.6.1 高塑性反復負載試驗目的

為因應 SD550W 鋼筋成為一般建築耐震構材用鋼筋，需要一個官方統一版本的續接器性能合格標準。儘管目前我國已有一套較美日更嚴謹的機械式續接檢驗和合格標準，但不適用較高強度鋼筋，需要補充實驗研究調整機械式續接的檢驗和合格標準，使新版規範更趨完備嚴謹。

A.6.2 高塑性反復負載試驗試體

此次高塑性反復負載試驗試體包含 TH-SJ-550-11R 以表 A.6.2.1 表示。

表 A.6.2.1 續接器試體一覽表

試體編號	續接形式	續接鋼筋
TH-SJ Bar-550-11R-01	母材鋼筋	SD550W D36 螺紋節
TH-SJ-550-11R-01	螺紋節鋼筋續接器	SD550W D36 螺紋節
TH-SJ-550-11R-02	螺紋節鋼筋續接器	SD550W D36 螺紋節
TH-SJ-550-11R-03	螺紋節鋼筋續接器	SD550W D36 螺紋節

A.6.3 高塑性反復負載試體製作

(1)鋼筋

採用螺紋節鋼筋 SD550W-D36。

(2)續接器

採用東和鋼鐵出產之螺紋節鋼筋續接器。

(https://www.tunghosteel.com/)

(3)填充材

填充材抗壓強度以表 A.6.3.1 表示，砂漿試體如下圖表示。

表 A.6.3.1

壓縮試驗-試體編號	填充材壓縮強度-N/mm
試體-1	94.5
試體-2	97.8
試體-3	69.6
試體-4	94.2
試體-5	75.4
試體-6	89.4
平均	86.8



圖 A.6.3.1



圖 A.6.3.2

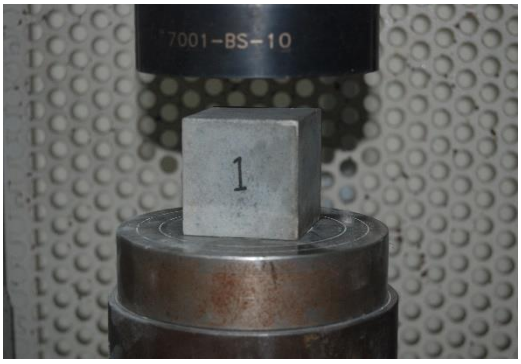


圖 A.6.3.3



圖 A.6.3.4

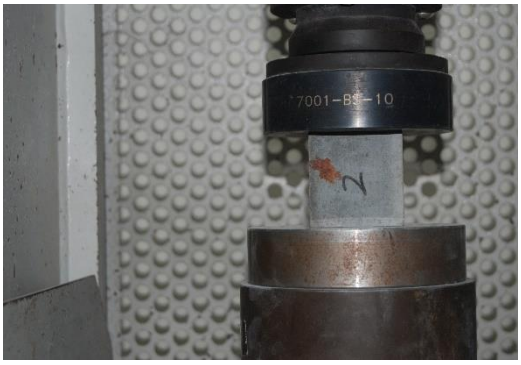


圖 A.6.3.5



圖 A.6.3.6



圖 A.6.3.7



圖 A.6.3.8



圖 A.6.3.9



圖 A.6.3.10



圖 A.6.3.11



圖 A.6.3.12



圖 A.6.3.13

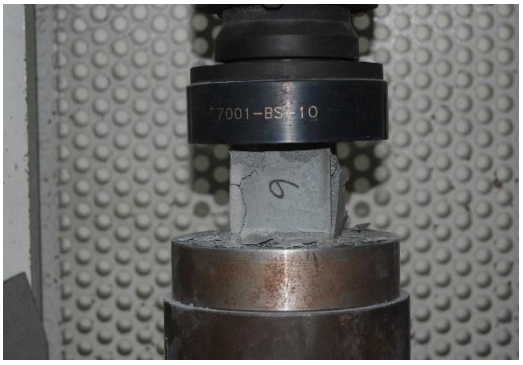


圖 A.6.3.14

A.6.4 高塑性反復負載試驗方法

本試驗規劃各項試驗參考 CNS 15560，並擬定新規範辦理用以適用於 490 MPa 以上之鋼種，其允收標準以表 A.6.4.1 表示。試驗裝置及加載程序如圖 A.6.4.2 及圖 A.6.4.3 表示。

表 A.6.4.1 各級續接器允收標準

試驗項目	加載程序	指標	合格標準		
			第三類 (SA 級)	第二類 (A 級)	第一類 (B 級)
高塑性反復負載試驗	0→(0.95P_y ↔ -0.5P_y)×16 回→(nδ_y ↔ -0.5P_y)×8 回→(2nδ_y ↔ -0.5P_y)×8 回→拉至破壞[2]	抗拉強度	≥ 1.25f_y 且 ≥ f_u	≥ 1.25f_y 且 ≥ f_u	不適用
		滑動量 $(\delta_s)_{16c} - (\delta_s)_{1c}$	≤ 0.3 mm	≤ 0.3 mm	不適用
		滑動量 $(\delta_s)_{24c}$	≤ 0.9 mm	≤ 0.9 mm	不適用
		滑動量 $(\delta_s)_{32c}$	≤ 1.8 mm	不適用	不適用
		續接處外鋼筋之伸長率[1]	≥9%，鋼筋尺度 D32 以下	≥ 4%	不適用
			≥6%，鋼筋尺度 D36 以上		

[1]續接處外兩側鋼筋伸長率之較大值。

[2]第二類(A 級)完成 24 回後可拉至破壞；

fy≤4,200 kgf/cm2 [420 MPa]之鋼筋，塑性倍率 n=6；

fy=5,600 kgf/cm2 [550 MPa]之鋼筋，塑性倍率 n=5；

fy=7,000 kgf/cm2 [690 MPa]之鋼筋，塑性倍率 n=4。

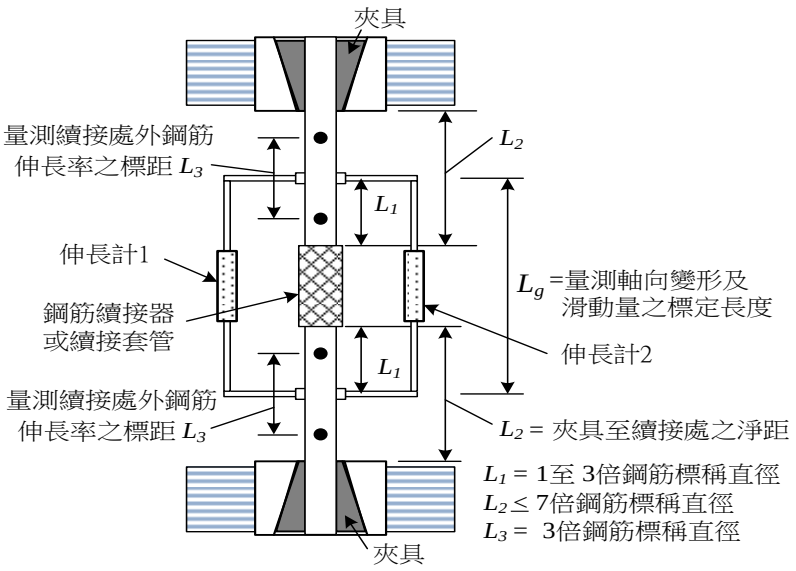
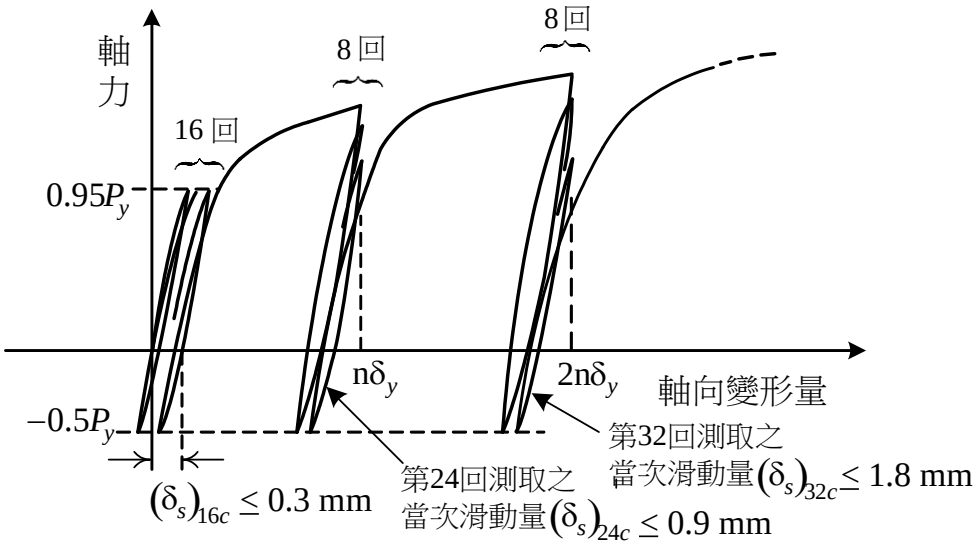


圖 A.6.4.2 試驗裝置　　單位:mm

試體編號	d_b	續接器長度 L_c	伸長計夾距 L_g	伸長率標距 L_3	淨距 L_2
TH-SJ Bar-550-11R-01	35.8	0	215	107.5	
TH-SJ-550-11R-01	35.8	280	494	107	177
TH-SJ-550-11R-02	35.8	280	494	107	177
TH-SJ-550-11R-03	35.8	280	494	107	177



加載至0.95P_y，反向加壓至 −0.50P_y，
重複16回到標稱零載重之殘留滑動量

圖 A.6.4.3 試驗加載程序

A.6.5 高塑性反復負載試驗結果

試體編號	抗拉強度	滑動量 $(\delta_s)_{16c}-(\delta_s)_{1c}$	滑動量 $(\delta_s)_{24c}$	滑動量 $(\delta_s)_{32c}$	伸長率*	判定
	≥ 690MPa	≤ 0.3mm	≤ 0.9mm	≤ 1.8mm		
TH-SJ-550-11R-01	773	0.357−0.194 =0.163	0.450	0.632	22	SA
TH-SJ-550-11R-02	780	0.062−0.036 =0.026	0.423	0.645	25	SA
TH-SJ-550-11R-03	776	0.241−0.152 =0.089	0.401	0.645	27	SA

*續接處外兩側鋼筋伸長率之較大值。SA 級≥9%(D32 以下)or6%(D36 以上)；A 級≥4%；B 級≥2%。

未特別註記表示伸長率標距內斷筋。

A.6.6 同軸度試驗試驗目的

在施作續接器高塑性反復負載試驗時，常因被續接鋼筋與續接器軸度不同產生歪斜之情況，此現象極有可能造成施作續接器高塑性反復負載試驗時發生挫屈現象，使試體成為無效數據，若此不同軸度發生於施工現場將使結構物中續接器在未達其強度前即發生挫屈現象進而失去穩定，無法使續接器成功發揮其作用，為使續接器實驗在此方面更而完整，本次試驗擬訂此同軸度試驗用以在進行強度試驗前即排除不良試體，使試驗更趨於有效化並在有限的資源及時間下進行高塑性反復負載試驗。

A.6.7 同軸度試驗試驗方法

將續接器組件測量如圖 A.6.7.1，並計算其最大斜率。

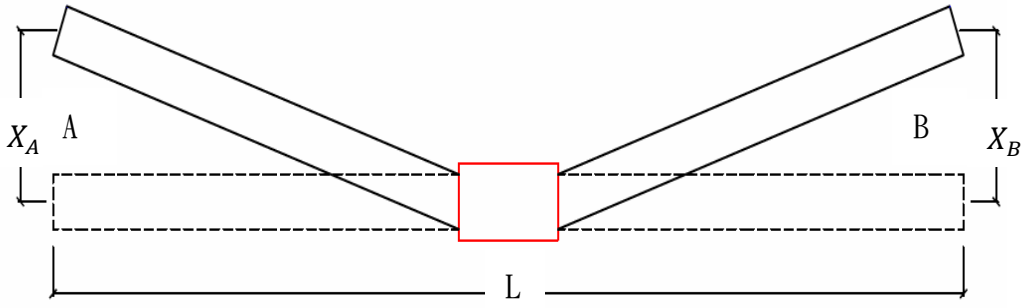


圖 A.6.7.1

A.6.8 同軸度試驗試驗結果

試體編號	X_A(mm)	X_B(mm)	L(mm)	同軸度（1/斜率）
TH-SJ-550-11R-01	5.86	8.17	1000	61
TH-SJ-550-11R-02	8.35	2.20	1006	60
TH-SJ-550-11R-03	6.82	6.12	996	73

A.6.9 高塑性反復負載試體照片



圖 A.6.9.01
試體 TH-SJ-550-11R-01
實驗照片



圖 A.6.9.02
試體 TH-SJ-550-11R-01
實驗照片



圖 A.6.9.03
試體 TH-SJ-550-11R-01
實驗照片



圖 A.6.9.04
試體 TH-SJ-550-11R-01
實驗照片

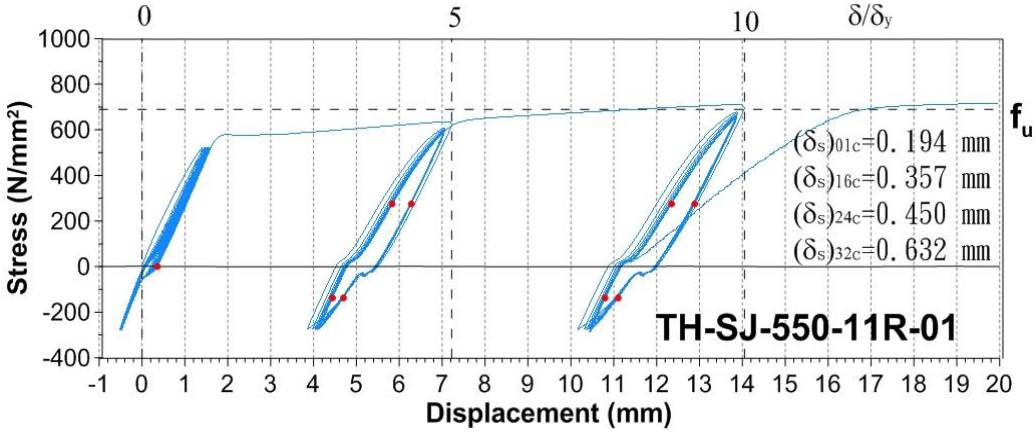


圖 A.6.9.05 試體 TH-SJ-550-11R-01 載重位移曲線圖



圖 A.6.9.06
試體 TH-SJ-550-11R-02
實驗照片



圖 A.6.9.07
試體 TH-SJ-550-11R-02
實驗照片

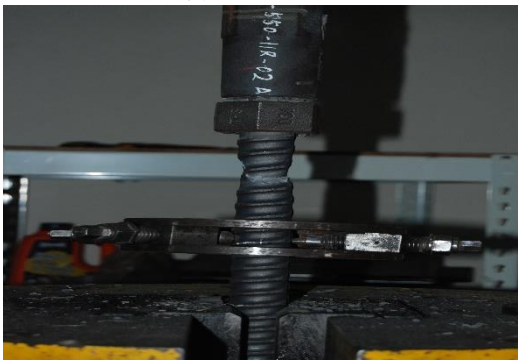


圖 A.6.9.08
試體 TH-SJ-550-11R-02
實驗照片



圖 A.6.9.09
試體 TH-SJ-550-11R-02
實驗照片

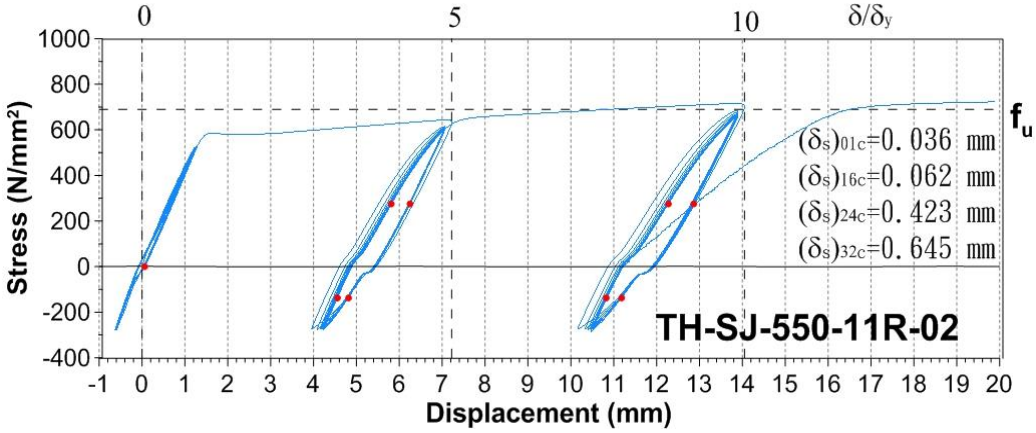


圖 A.6.9.10 試體 TH-SJ-550-11R-02 載重位移曲線圖



圖 A.6.9.11
試體 TH-SJ-550-11R-03
實驗照片



圖 A.6.9.12
試體 TH-SJ-550-11R-03
實驗照片



圖 A.6.9.13
試體 TH-SJ-550-11R-03
實驗照片



圖 A.6.9.14
試體 TH-SJ-550-11R-03
實驗照片

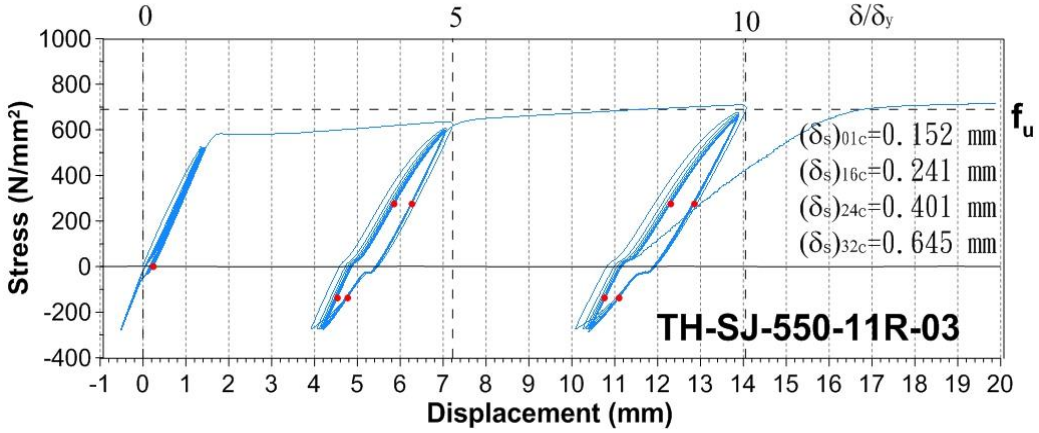


圖 A.6.9.15 試體 TH-SJ-550-11R-03 載重位移曲線圖

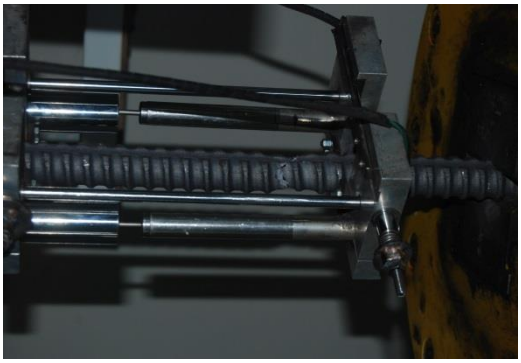


圖 A.6.9.16
試體 TH- SJ Bar -550-11R-03
實驗照片

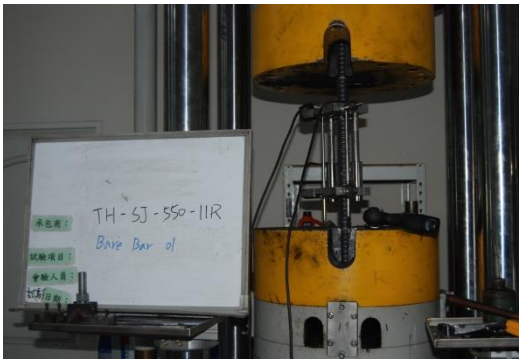


圖 A.6.9.17
試體 TH- SJ Bar -550-11R-03
實驗照片



圖 A.6.9.18
試體 TH- SJ Bar -550-11R-03
實驗照片



圖 A.6.9.19
試體 TH- SJ Bar -550-11R-03
實驗照片

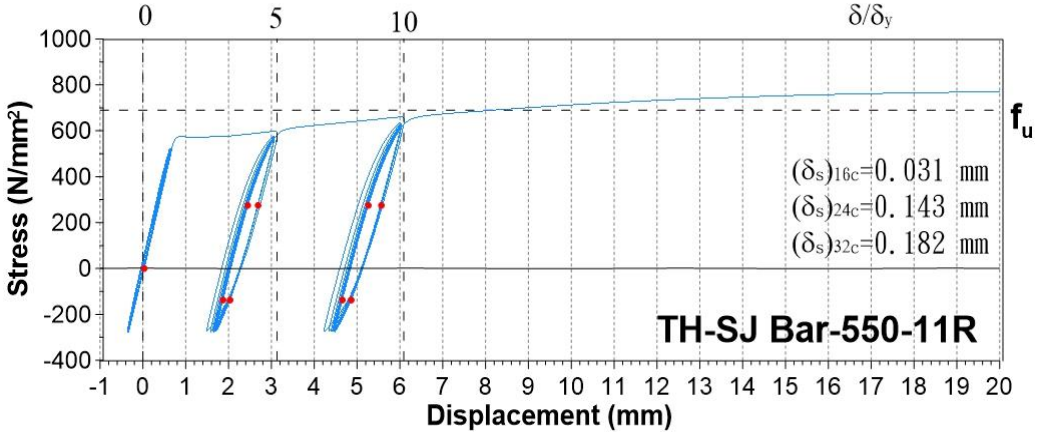


圖 A.6.9.20 試體 TH-SJ Bar-550-11R-03 載重位移曲線圖

A.6.10 同軸度試體照片

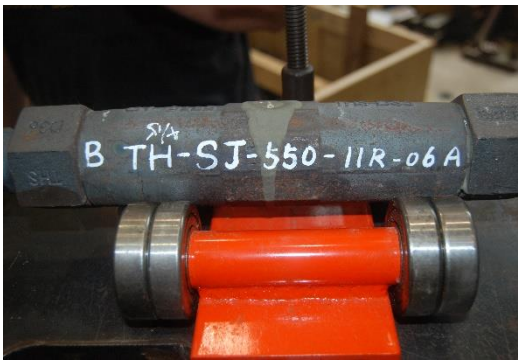


圖 A.6.10.1 同軸度實驗照片



圖 A.6.10.2 同軸度實驗照片



圖 A.6.10.3 同軸度實驗照片



圖 A.6.10.4 同軸度實驗照片



圖 A.6.10.5 同軸度實驗照片



圖 A.6.10.6 同軸度實驗照片

A.7 SD550W 砂漿充填式續接套管試驗(日本製#13)

供料廠商：東京鉄鋼株式會社

取樣編號：TTK-Tops-550-13R

續接器組件及母材試驗報告

A.7.1 高塑性反復負載試驗目的

為因應 SD550W 鋼筋成為一般建築耐震構材用鋼筋，需要一個官方統一版本的續接器性能合格標準。儘管目前我國已有一套較美日更嚴謹的機械式續接檢驗和合格標準，但不適用較高強度鋼筋，需要補充實驗研究調整機械式續接的檢驗和合格標準，使新版規範更趨完備嚴謹。

A.7.2 高塑性反復負載試驗試體

此次高塑性反復負載試驗試體包含 TTK-Tops-550-13R 以表 A.7.2.1 表示。

表 A.7.2.1 續接器試體一覽表

試體編號	續接形式	續接鋼筋
TTK-Bar-550-13R-01	母材鋼筋	USD590 D41 螺紋節
TTK-Bar-550-13R-02	母材鋼筋	USD590 D41 螺紋節
TTK-Bar-550-13R-03	母材鋼筋	USD590 D41 螺紋節
TTK-Tops-550-13R-01	砂漿填充續接套管續接器	USD590 D41 螺紋節
TTK-Tops-550-13R-02	砂漿填充續接套管續接器	USD590 D41 螺紋節
TTK-Tops-550-13R-03	砂漿填充續接套管續接器	USD590 D41 螺紋節
TTK-Tops-550-13R-04	砂漿填充續接套管續接器	USD590 D41 螺紋節
TTK-Tops-550-13R-05	砂漿填充續接套管續接器	USD590 D41 螺紋節
TTK-Tops-550-13R-06	砂漿填充續接套管續接器	USD590 D41 螺紋節
TTK-Bar-550-13R-001	母材鋼筋	USD590 D41 螺紋節
TTK-Tops-550-13R-001	砂漿填充續接套管續接器	USD590 D41 螺紋節
TTK-Tops-550-13R-002	砂漿填充續接套管續接器	USD590 D41 螺紋節
TTK-Tops-550-13R-003	砂漿填充續接套管續接器	USD590 D41 螺紋節
TTK-Tops-550-13R-004	砂漿填充續接套管續接器	USD590 D41 螺紋節
TTK-Tops-550-13R-005	砂漿填充續接套管續接器	USD590 D41 螺紋節
TTK-Tops-550-13R-006	砂漿填充續接套管續接器	USD590 D41 螺紋節

A.7.3 高塑性反復負載試體製作

(1)鋼筋

採用螺紋節鋼筋 USD590-D41

(2)續接器

採用東京鐵鋼出產之砂漿填充續接套管續接器，於 2 月 28 日(五)製作。(http://www.tokyotekko.co.jp/zh/index.html)

(3)填充材

使用 TTK 水泥砂漿填充材(TTK Mortar H)，管理項目如以表 A.73.1 表示。

表 A.7.3.1

水量	2.8L	材溫	9.8℃
氣溫	15.5℃	坍度值	230 mm X 240 mm
水溫	20.5℃	批號	MCB203
拌合後溫度	21.5℃		

A.7.4 高塑性反復負載試驗方法

本試驗規劃各項試驗參考 CNS 15560，並擬定新規範辦理用以適用於 490 MPa 以上之鋼種，其允收標準以表 A.7.4.1 表示。試驗裝置及加載程序如圖 A.7.4.2 及圖 1.A.7.3 表示。

表 A.7.4.1 各級續接器允收標準

試驗項目	加載程序	指標	合格標準		
			第三類 (SA 級)	第二類 (A 級)	第一類 (B 級)
高塑性反復負載試驗	0→(0.95P_y ↔ -0.5P_y)×16 回→(nδ_y ↔ -0.5P_y)×8 回→(2nδ_y ↔ -0.5P_y)×8 回→拉至破壞[1]	抗拉強度	≥ 1.25f_y 且 ≥ f_u	≥ 1.25f_y 且 ≥ f_u	不適用
		滑動量 $(\delta_s)_{16c} - (\delta_s)_{1c}$	≤ 0.3 mm	≤ 0.3 mm	不適用
		滑動量 $(\delta_s)_{24c}$	≤ 0.9 mm	≤ 0.9 mm	不適用
		滑動量 $(\delta_s)_{32c}$	≤ 1.8 mm	不適用	不適用
		續接處外鋼筋之伸長率[2]	≥9%，鋼筋尺度 D32 以下	≥ 4%	不適用
			≥6%，鋼筋尺度 D36 以上		

[1]續接處外兩側鋼筋伸長率之較大值。

[2]第二類(A 級)完成 24 回後可拉至破壞；

fy≤4,200 kgf/cm2 [420 MPa]之鋼筋，塑性倍率 n=6；

fy=5,600 kgf/cm2 [550 MPa]之鋼筋，塑性倍率 n=5；

fy=7,000 kgf/cm2 [690 MPa]之鋼筋，塑性倍率 n=4。

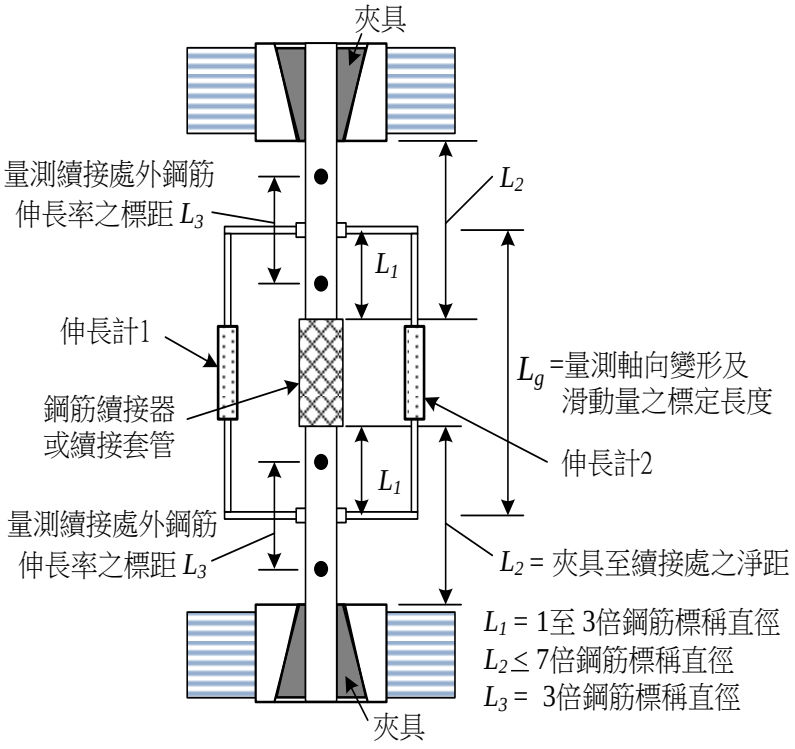
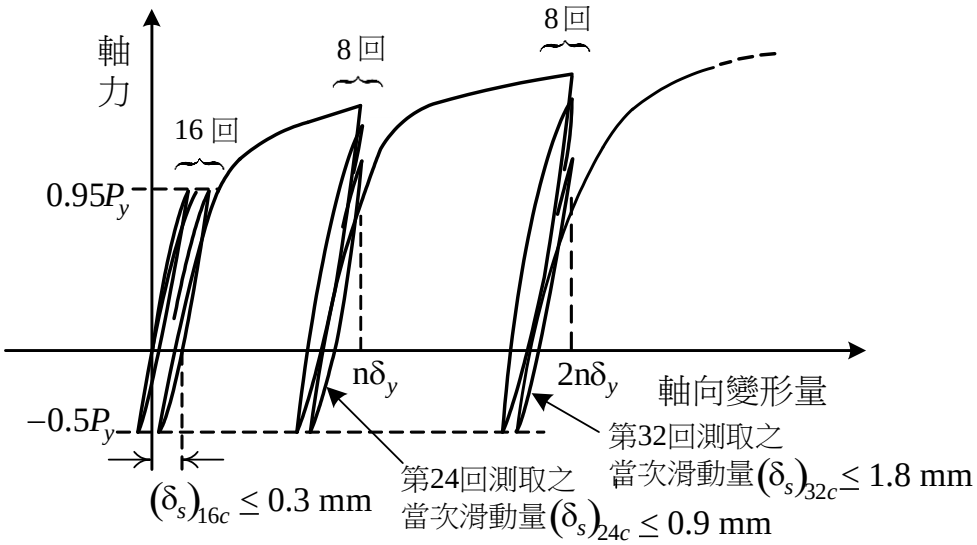


圖 A.7.4.2 試驗裝置　　單位:mm

試體編號	d_b	續接器長度 L_c	伸長計夾距 L_g	伸長率標距 L_3	淨距 L_2
TTK-Bar-550-13R-01	41.3	0	248	124	
TTK-Bar-550-13R-02	41.3	0	248	124	
TTK-Bar-550-13R-03	41.3	0	248	124	
TTK-Tops-550-13R-01	41.3	570	818	124	
TTK-Tops-550-13R-02	41.3	570	818	124	
TTK-Tops-550-13R-03	41.3	570	818	124	
TTK-Tops-550-13R-04	41.3	570	818	124	

TTK-Tops-550-13R-05	41.3	570	818	124	
TTK-Tops-550-13R-06	41.3	570	818	124	
TTK-Bar-550-13R-001	41.3	0	248	124	
TTK-Tops-550-13R-001	41.3	570	818	124	194
TTK-Tops-550-13R-002	41.3	570	818	124	194
TTK-Tops-550-13R-003	41.3	570	818	124	194
TTK-Tops-550-13R-004	41.3	570	653	41	111
TTK-Tops-550-13R-005	41.3	570	653	41	111
TTK-Tops-550-13R-006	41.3	570	653	41	111



加載至0.95P_y，反向加壓至 −0.50P_y，
重複16回到標稱零載重之殘留滑動量

圖 A.7.4.3 試驗加載程序

A.7.5 高塑性反復負載試驗結果

試體編號	抗拉強度	滑動量 $(\delta_s)_{16c}-(\delta_s)_{1c}$	滑動量 $(\delta_s)_{24c}$	滑動量 $(\delta_s)_{32c}$	伸長率*	判定
	≥ 690MPa	≤ 0.3mm	≤ 0.9mm	≤ 1.8mm		
TTK-Tops-550-13R-01	735	0.090−0.096 =−0.006	0.368	N.A.	4‡	A
TTK-Tops-550-13R-02	732	0.053−0.073 =−0.020	0.341	N.A.	4‡	A
TTK-Tops-550-13R-03	731	0.055−0.070 =−0.015	0.320	N.A.	4‡	A
TTK-Tops-550-13R-04	734	0.067−0.079 =−0.012	0.292	0.692	5‡	A
TTK-Tops-550-13R-05	734	0.057−0.059 =−0.002	0.387	N.A.	5‡	A
TTK-Tops-550-13R-06	727	0.139−0.084 =0.055	0.331	N.A.	4‡	A
TTK-Tops-550-13R-001	753	0.099−0.084 =0.015	0.368	N.A.	5‡	A

TTK- Tops - 550-13R-002	756	0.085-0.074 =0.011	0.369	N.A.	5‡	A
TTK- Tops - 550-13R-003	750	0.035-0.061 =-0.026	0.441	N.A.	4‡	A

試體編號	抗拉強度	滑動量 $(\delta_s)_{16c} - (\delta_s)_{1c}$	滑動量 $(\delta_s)_{24c}$	滑動量 $(\delta_s)_{32c}$	伸長率*	判定
	≥ 690MPa	≤ 0.3mm	≤ 0.9mm	≤ 1.8mm		
TTK-Tops-550-13R-004	758	0.080−0.072 =0.008	0.332	N.A.	12‡	A
TTK-Tops-550-13R-005	754	0.397−0.220 =0.177	0.278	0.783	21‡	SA
TTK-Tops-550-13R-006	759	0.015−0.054 =−0.039	0.366	N.A.	10‡	A

試體編號	抗拉強度	滑動量 $(\delta_s)_{16c}$	滑動量 $(\delta_s)_{24c}$	滑動量 $(\delta_s)_{32c}$	伸長率*
TTK-Bar-550-13R-01	783	0.030	0.109	0.146	22.2
TTK-Bar-550-13R-02	795	0.000	0.111	0.146	16.0
TTK-Bar-550-13R-03	797	0.016	0.107	0.151	21.1
TTK-Bar-550-13R-001	791	−0.114	0.174	0.176	30.6

*續接處外兩側鋼筋伸長率之較大值。SA 級≥9%(D32 以下)or6%(D36 以上)；A 級≥4%；B 級≥2%。

‡拔出;未特別註記表示伸長率標距內斷筋。

A.7.6 同軸度試驗目的

在施作續接器高塑性反復負載試驗時，常因被續接鋼筋與續接器軸度不同產生歪斜之情況，此現象極有可能造成施作續接器高塑性反復負載試驗時發生挫屈現象，使試體成為無效數據，若此不同軸度發生於施工現場將使結構物中續接器在未達其強度前即發生挫屈現象進而失去穩定，無法使續接器成功發揮其作用，為使續接器實驗在此方面更而完整，本次試驗擬訂此同軸度試驗用以在進行強度試驗前即排除不良試體，使試驗更趨於有效化並在有限的資源及時間下進行高塑性反復負載試驗。

A.7.7 同軸度試試驗方法

將續接器組件測量如圖 A.7.7.1，並計算其最大斜率。

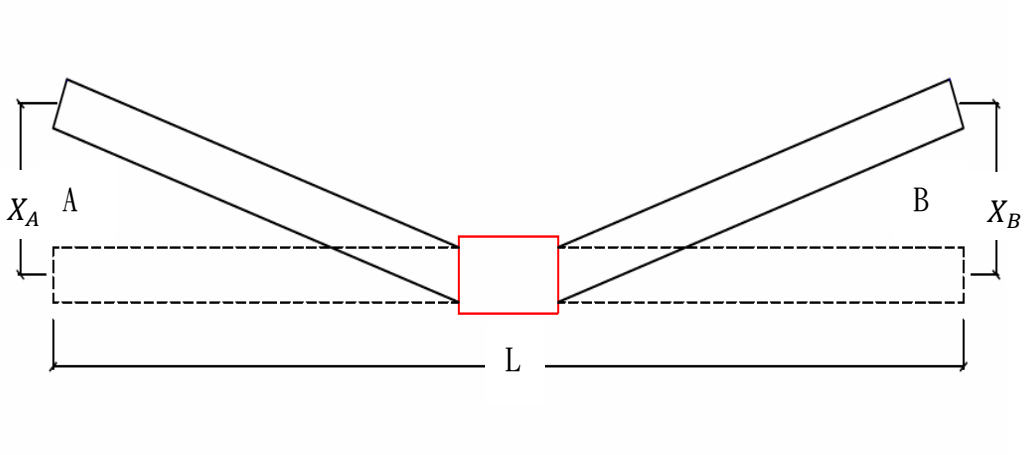


圖 A.7.7.1

A.7.8 同軸度試試驗結果

試體編號	X_A(mm)	X_B(mm)	L(mm)	同軸度試(1/斜率)
TTK-Tops-550-12R-001	7.8	6.7	1608	102
TTK-Tops-550-12R-002	9.2	3.5	1615	87
TTK-Tops-550-12R-003	5.3	4.7	1617	151
TTK-Tops-550-12R-004	11.3	7.4	1614	71
TTK-Tops-550-12R-005	4.4	5.4	1613	52
TTK-Tops-550-12R-006	8.8	4.2	1607	90

A.7.9 高塑性反復負載試體照片

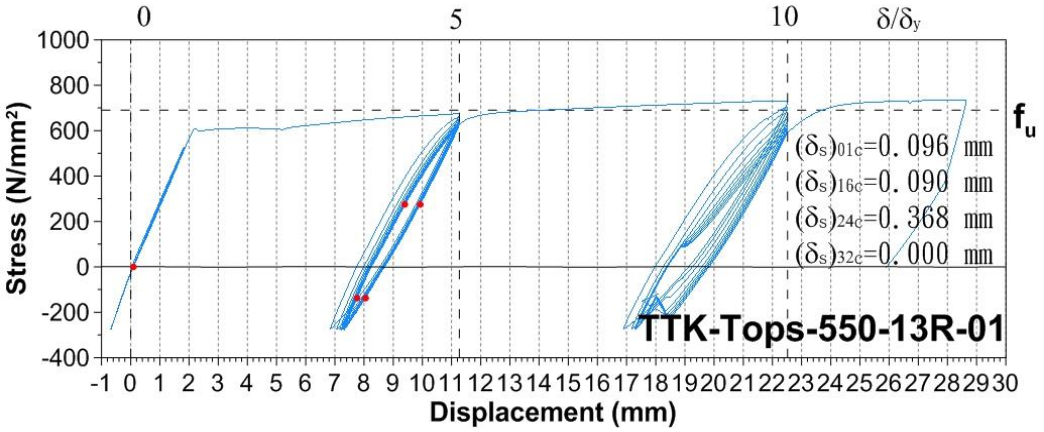


圖 A.7.9.01 試體 TTK Tops -550-13R-01 載重位移曲線圖

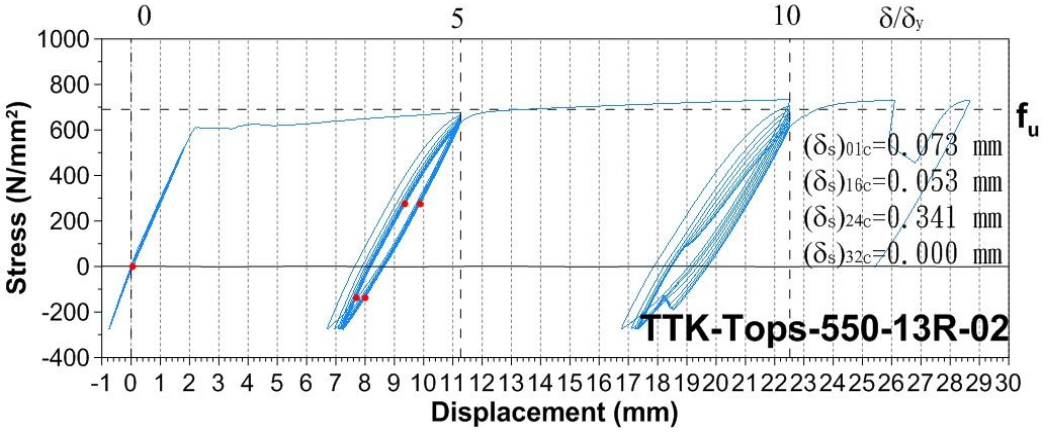


圖 A.7.9.02 試體 TTK Tops -550-13R-02 載重位移曲線圖

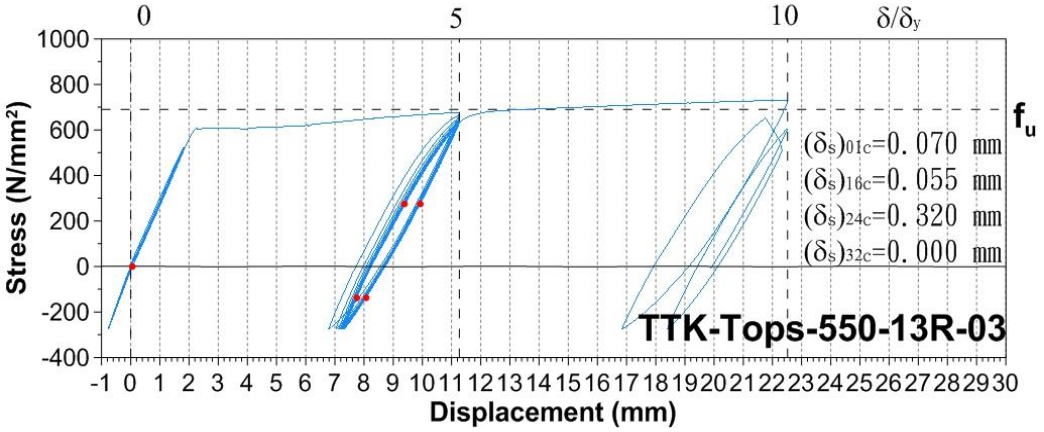


圖 A.7.9.03 試體 TTK Tops -550-13R-03 載重位移曲線圖

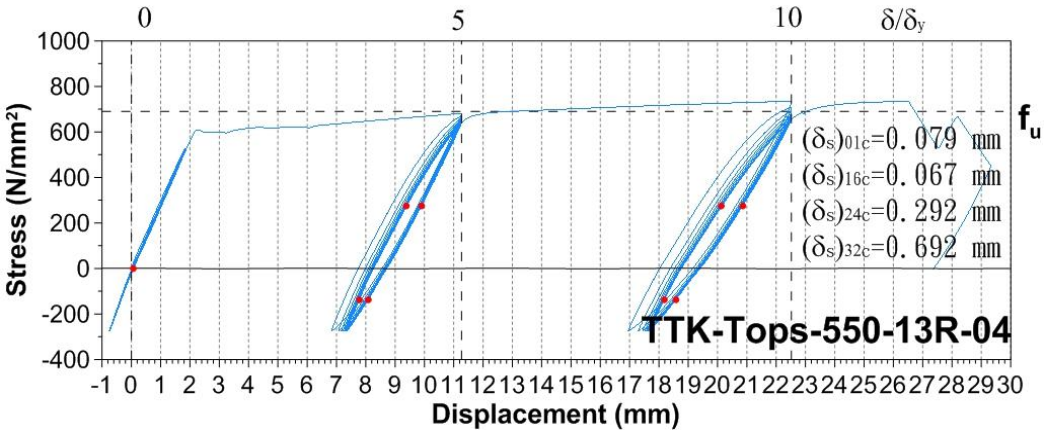


圖 A.7.9.04 試體 TTK Tops -550-13R-04 載重位移曲線圖

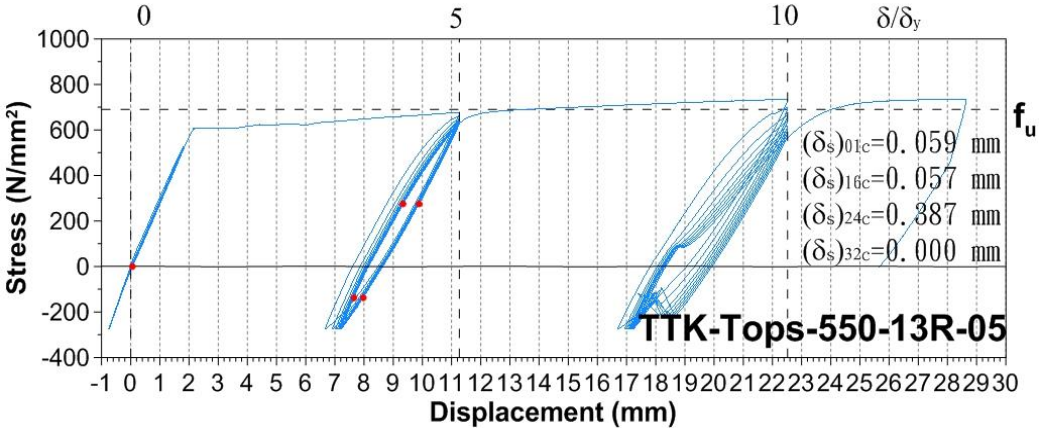


圖 A.7.9.05 試體 TTK Tops -550-13R-05 載重位移曲線圖

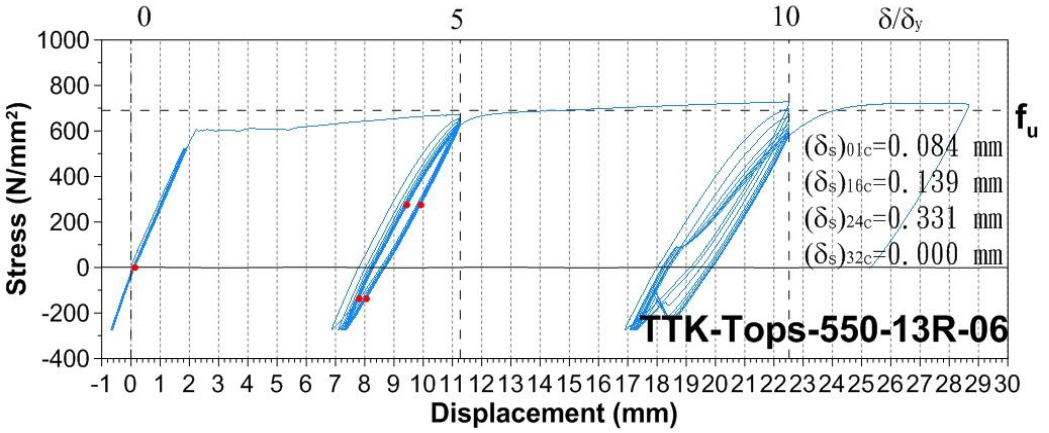


圖 A.7.9.06 試體 TTK Tops -550-13R-06 載重位移曲線圖

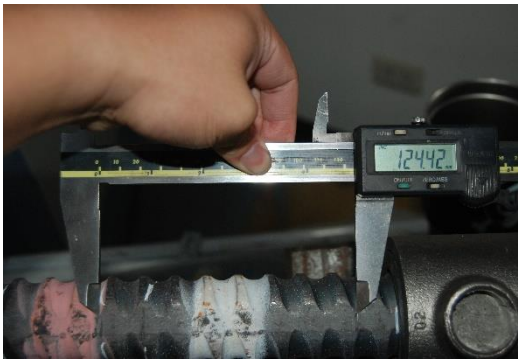


圖 A.7.9.07
試體 TTK-Tops-550-13R-001
實驗照片



圖 A.7.9.08
試體 TTK-Tops-550-13R-001
實驗照片



圖 A.7.9.09
試體 TTK- Tops -550-13R-001
實驗照片

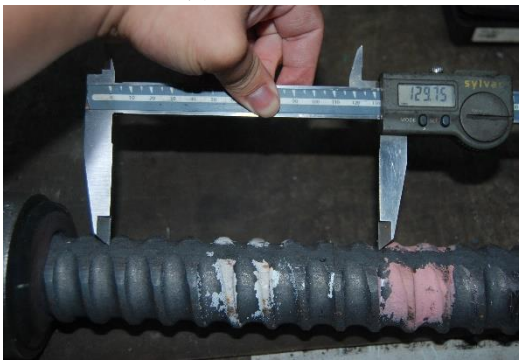


圖 A.7.9.10
試體 TTK- Tops -550-13R-001
實驗照片

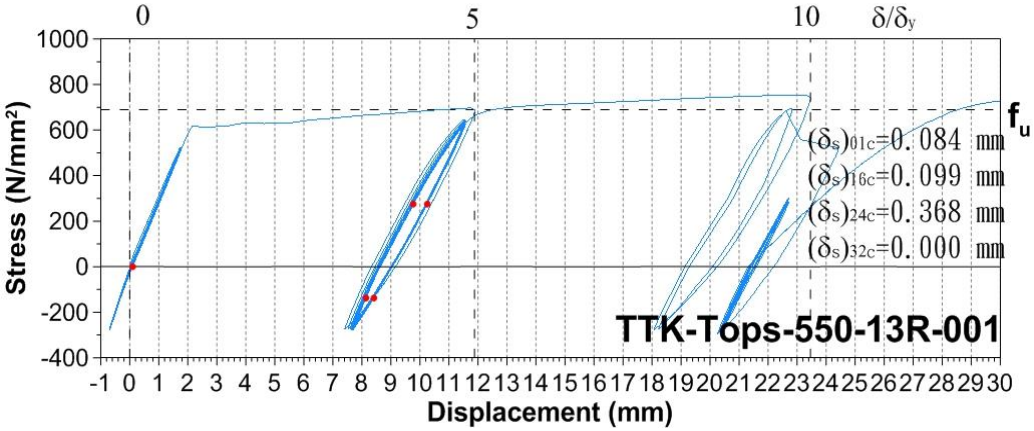


圖 A.7.9.11 試體 TTK Tops -550-13R-001 載重位移曲線圖



圖 A.7.9.12
試體 TTK- Tops -550-13R-002
實驗照片

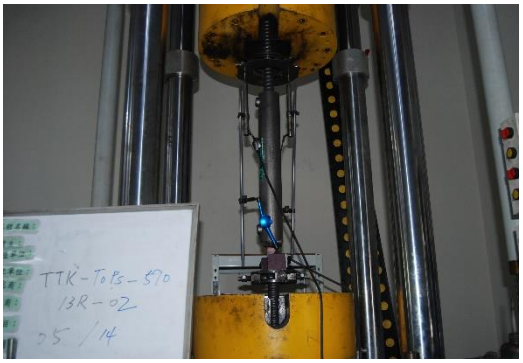


圖 A.7.9.13
試體 TTK- Tops -550-13R-002
實驗照片



圖 A.7.9.14
試體 TTK- Tops -550-13R-002
實驗照片



圖 A.7.9.15
試體 TTK- Tops -550-13R-002
實驗照片

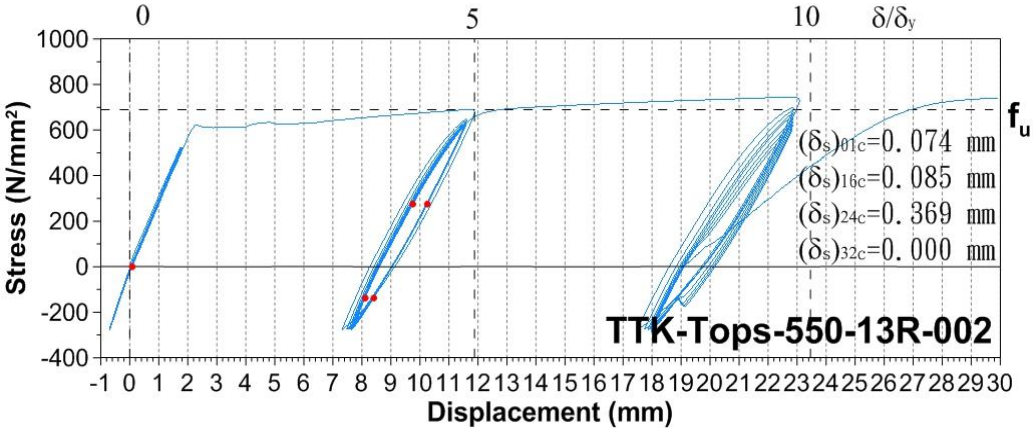


圖 A.7.9.16 試體 TTK- Tops -550-13R-002 載重位移曲線圖

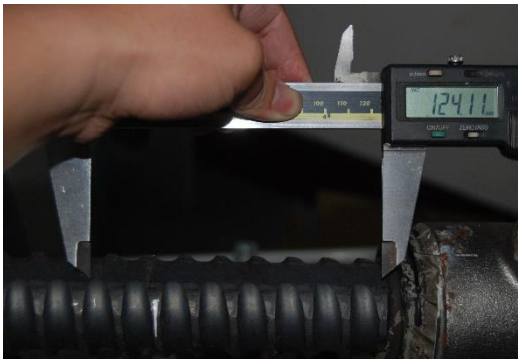


圖 A.7.9.17
試體 TTK- Tops -550-13R-003
實驗照片

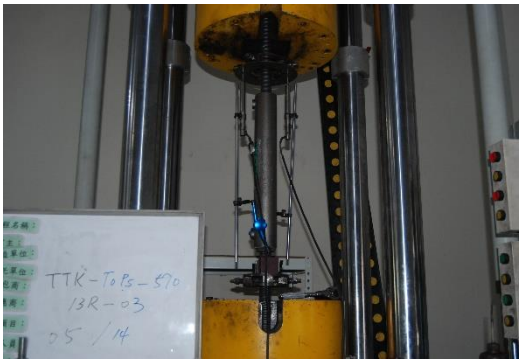


圖 A.7.9.18
試體 TTK- Tops -550-13R-003
實驗照片

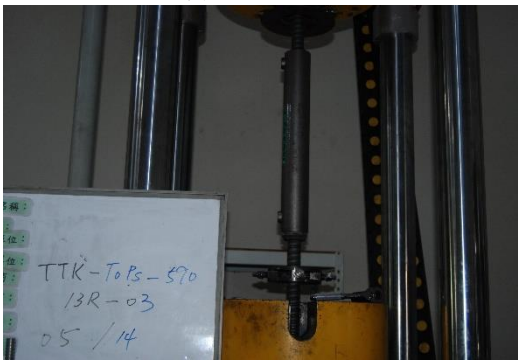


圖 A.7.9.19
試體 TTK- Tops -550-13R-003
實驗照片

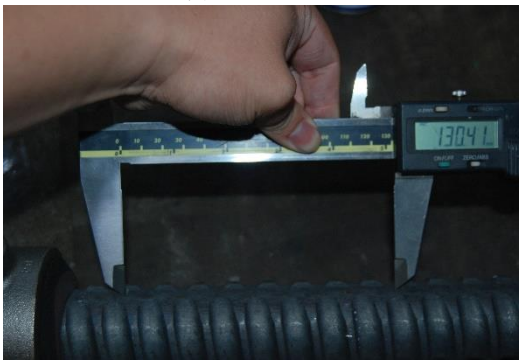


圖 A.7.9.20
試體 TTK- Tops -550-13R-003
實驗照片

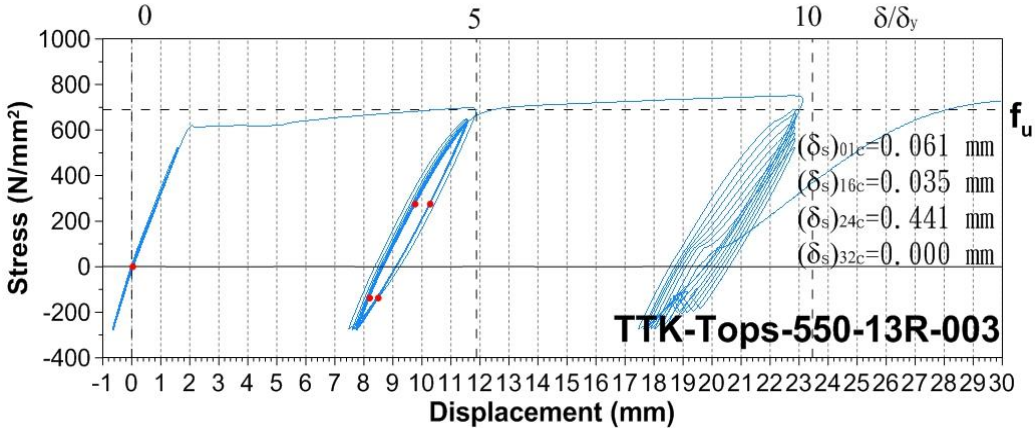


圖 A.7.9.21 試體 TTK- Tops -550-13R-003 載重位移曲線圖



圖 A.7.9.22
試體 TTK-Tops-550-13R-004
實驗照片

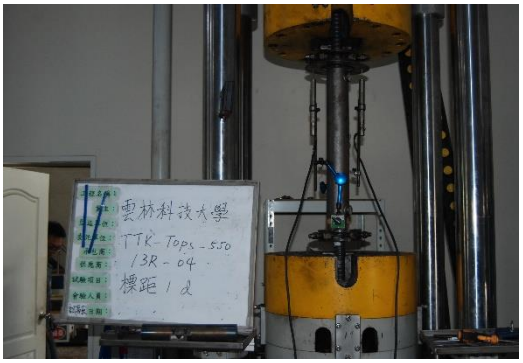


圖 A.7.9.23
試體 TTK-Tops-550-13R-004
實驗照片



圖 A.7.9.24
試體 TTK-Tops-550-13R-004
實驗照片

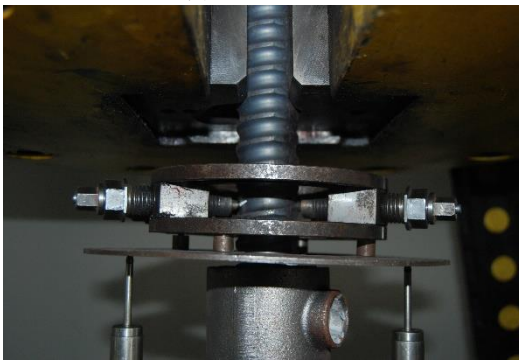


圖 A.7.9.25
試體 TTK-Tops-550-13R-004
實驗照片

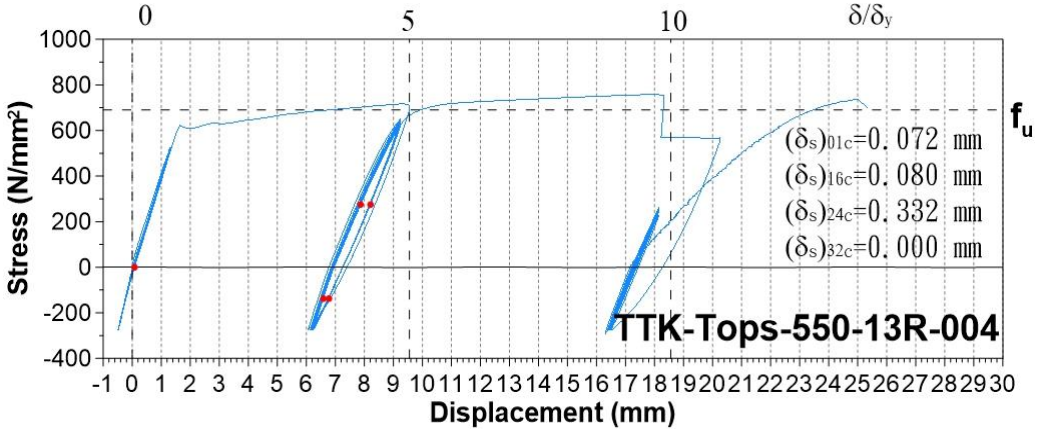


圖 A.7.9.26 試體 TTK-Tops-550-13R-004 載重位移曲線圖

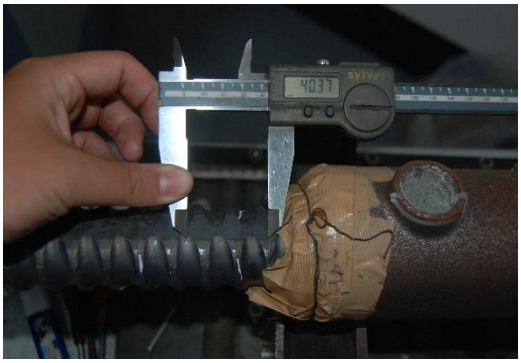


圖 A.7.9.27
試體 TTK-Tops-550-13R-005
實驗照片

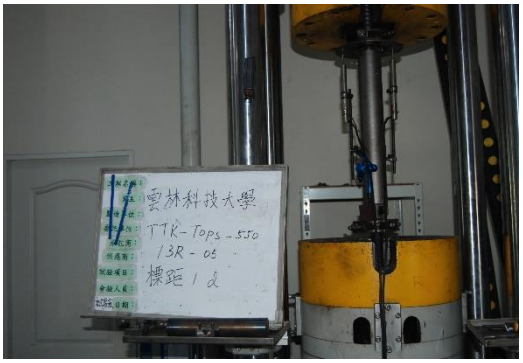


圖 A.7.9.28
試體 TTK-Tops-550-13R-005
實驗照片

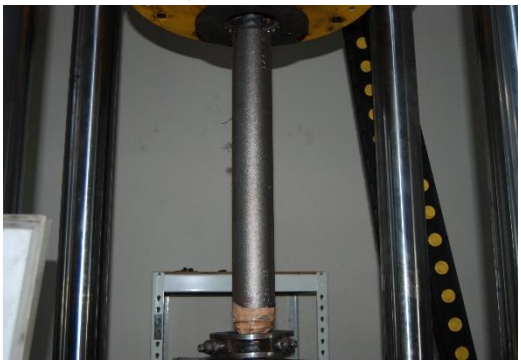


圖 A.7.9.29
試體 TTK-Tops-550-13R-005
實驗照片



圖 A.7.9.30
試體 TTK-Tops-550-13R-005
實驗照片

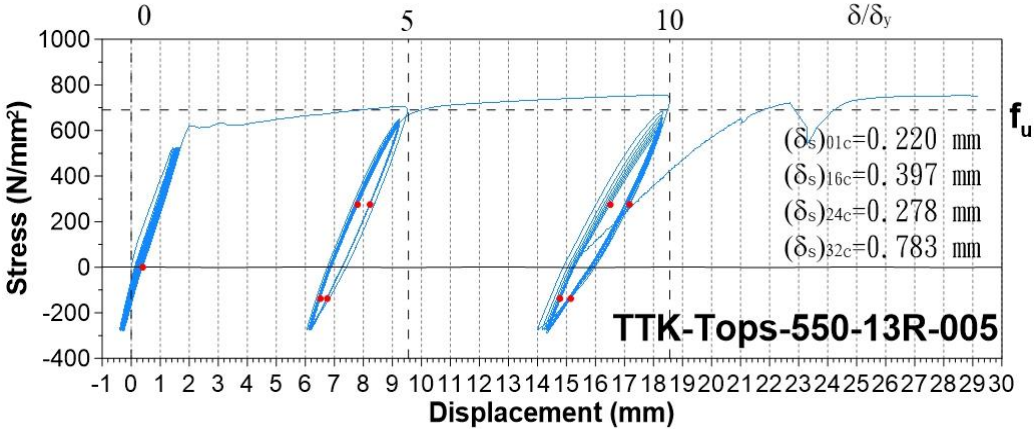


圖 A.7.9.31 試體 TTK-Tops-550-13R-005 載重位移曲線圖

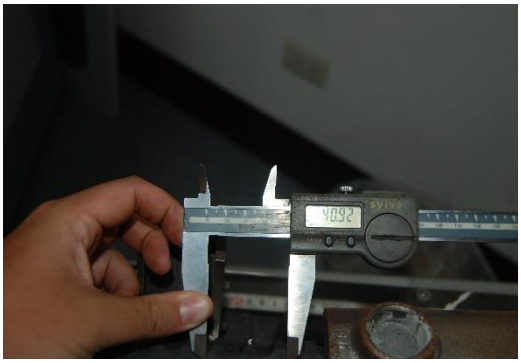


圖 A.7.9.32
試體 TTK-Tops-550-13R-006
實驗照片



圖 A.7.9.33
試體 TTK-Tops-550-13R-006
實驗照片



圖 A.7.9.34
試體 TTK-Tops-550-13R-006
實驗照片

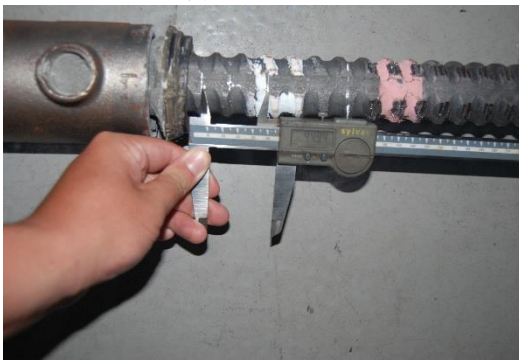


圖 A.7.9.35
試體 TTK-Tops-550-13R-006
實驗照片

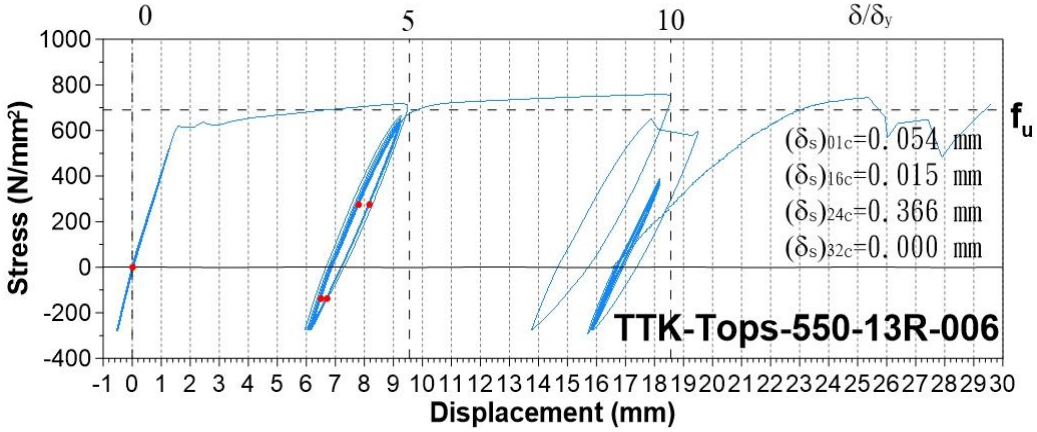


圖 A.7.9.36 試體 TTK-Tops-550-13R-006 載重位移曲線圖

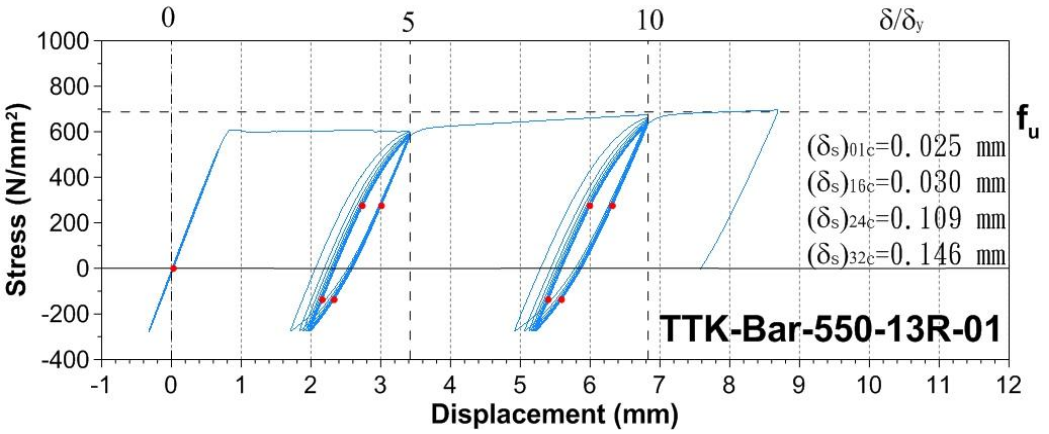


圖 A.7.9.37 試體 TTK-Bar-550-13R-01 載重位移曲線圖

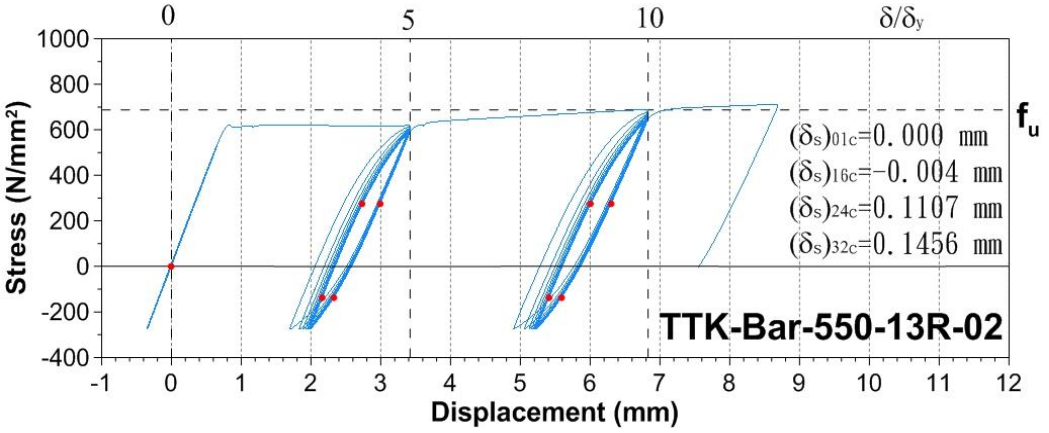


圖 A.7.9.38 試體 TTK-Bar-550-13R-02 載重位移曲線圖

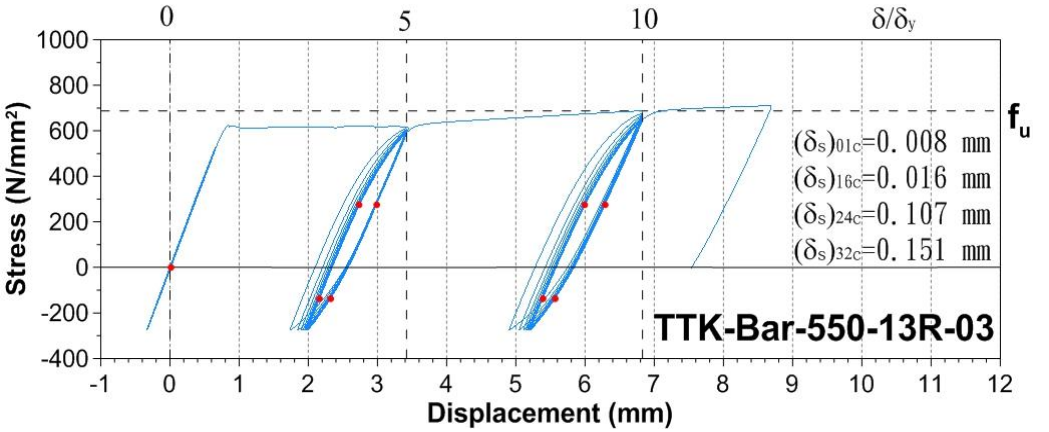


圖 A.7.9.39 試體 TTK-Bar-550-13R-03 載重位移曲線圖

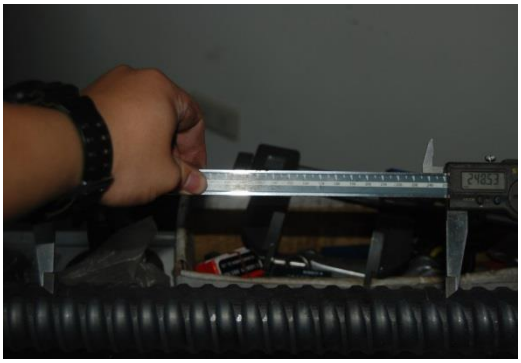


圖 A.7.9.40
試體 TTK- Bar -550-13R-001
實驗照片

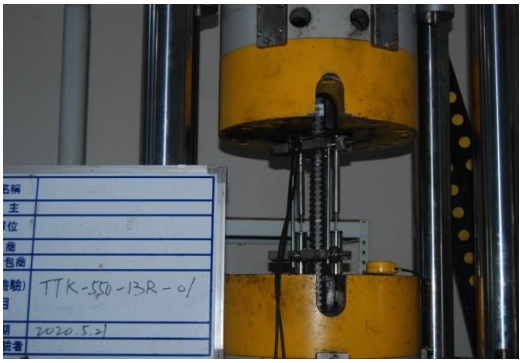


圖 A.7.9.41
試體 TTK- Bar -550-13R-001
實驗照片

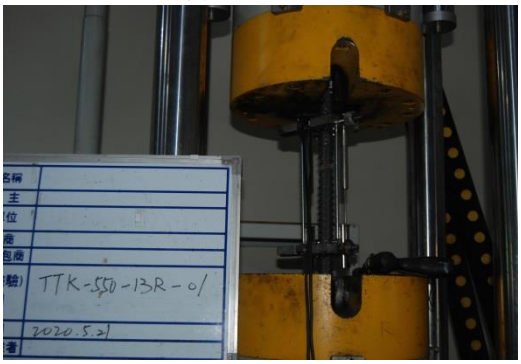


圖 A.7.9.42
試體 TTK- Bar -550-13R-001
實驗照片



圖 A.7.9.43
試體 TTK- Bar -550-13R-001
實驗照片

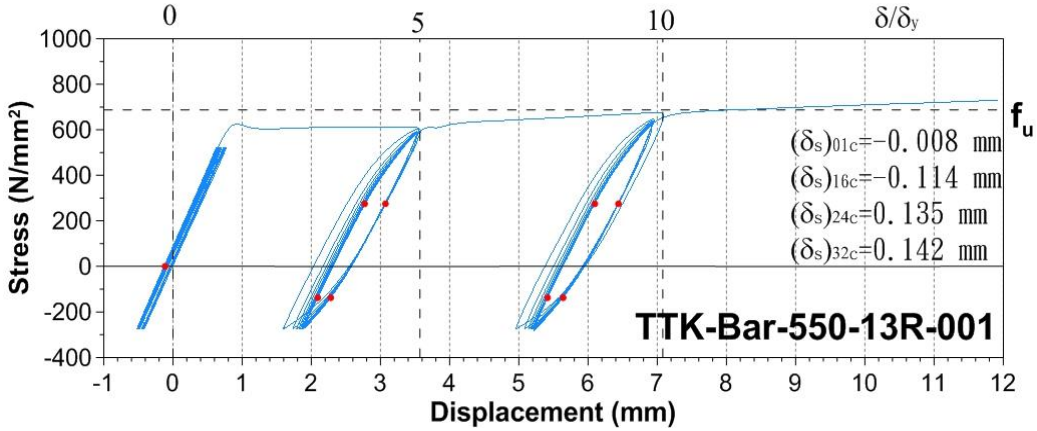


圖 A.7.9.44 試體 TTK-Bar-550-13R-001 載重位移曲線圖

A.7.10 同軸度試體照片



圖 A.7.10.1 同軸度實驗照片

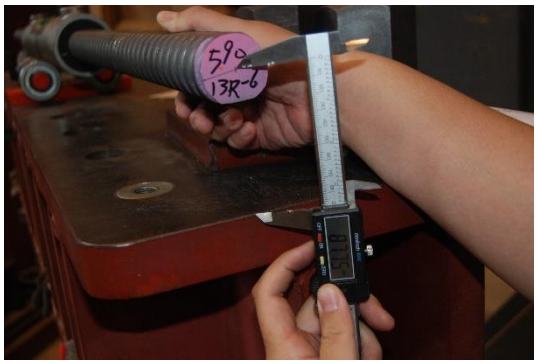


圖 A.7.10.2 同軸度實驗照片

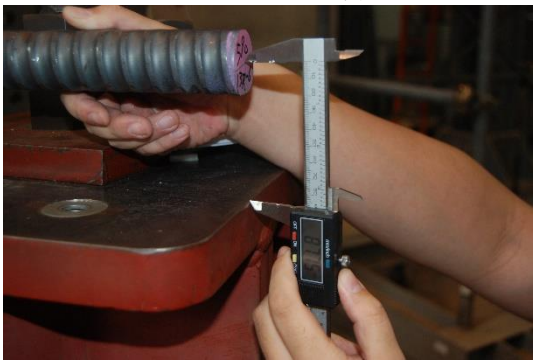


圖 A.7.10.3 同軸度實驗照片

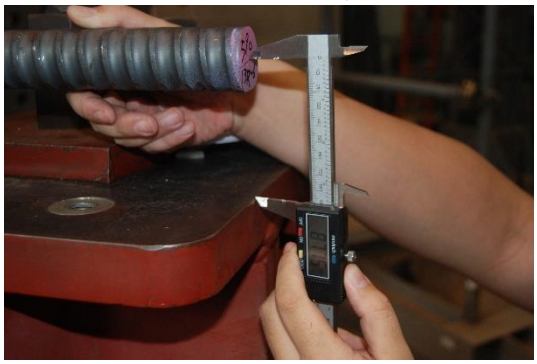


圖 A.7.10.4 同軸度實驗照片



圖 A.7.10.5 同軸度實驗照片



圖 A.7.10.6 同軸度實驗照片

附錄二 SD690 續接組件試驗

B.1 SD690 螺紋節鋼筋續接組件試驗(日本製#12)

供料廠商：東京鉄鋼株式會社
取樣編號：TTK-Ace-690-12R

續接器組件及母材試驗報告

B.1.1 高塑性反復負載試驗目的

為 SD690 鋼筋可以成為新材料新工法用鋼筋，需要一個官方統一版本的續接器性能合格標準。儘管目前我國已有一套較美日更嚴謹的機械式續接檢驗和合格標準，但不適用較高強度鋼筋，需要補充實驗研究調整機械式續接的檢驗和合格標準，使新版規範更趨完備嚴謹。

B.1.2 高塑性反復負載試驗試體

此次高塑性反復負載試驗試體包含 TTK-690-12R 以表 B.1.2.1 表示。

表 B.1.2.1 續接器試體一覽表

試體編號	續接形式	續接鋼筋
TTK-Bar-690-12R-01	母材鋼筋	USD690 D38 螺紋節
TTK-Bar-690-12R-02	母材鋼筋	USD690 D38 螺紋節
TTK-Bar-690-12R-03	母材鋼筋	USD690 D38 螺紋節
TTK-Ace-690-12R-01	螺紋節鋼筋續接器	USD690 D38 螺紋節
TTK-Ace-690-12R-02	螺紋節鋼筋續接器	USD690 D38 螺紋節
TTK-Ace-690-12R-03	螺紋節鋼筋續接器	USD690 D38 螺紋節
TTK-Ace-690-12R-04	螺紋節鋼筋續接器	USD690 D38 螺紋節
TTK-Ace-690-12R-05	螺紋節鋼筋續接器	USD690 D38 螺紋節
TTK-Ace-690-12R-06	螺紋節鋼筋續接器	USD690 D38 螺紋節
TTK-Bar-690-12R-001	母材鋼筋	USD690 D38 螺紋節
TTK-Ace-690-12R-001	螺紋節鋼筋續接器	USD690 D38 螺紋節
TTK-Ace-690-12R-002	螺紋節鋼筋續接器	USD690 D38 螺紋節
TTK-Ace-690-12R-003	螺紋節鋼筋續接器	USD690 D38 螺紋節
TTK-Ace-690-12R-004	螺紋節鋼筋續接器	USD690 D38 螺紋節
TTK-Ace-690-12R-005	螺紋節鋼筋續接器	USD690 D38 螺紋節
TTK-Ace-690-12R-006	螺紋節鋼筋續接器	USD690 D38 螺紋節

B.1.3 高塑性反復負載試體製作

(1)鋼筋

採用螺紋節鋼筋 USD690-D38

(2)續接器

採用東京鐵鋼出產之螺紋節鋼筋續接器。

(http://www.tokyotekko.co.jp/zh/index.html)

(3)填充材

使用 TTK 砂漿填充材(TTK Grout 600)，管理項目如以表 B.1.3.1 表示，抗壓強度以表 B.1.3.2 表示。

表 B.1.3.1

水量	1.9 L	材溫	8.8℃
氣溫	13.3℃	坍度值	160 mm X 160 mm
水溫	13.6℃	批號	MCB203

表 B.1.3.2

壓縮試驗-試體編號	填充材壓縮強度-N/mm
試體-1	94.7
試體-2	75.4
試體-3	71.8
平均	80.6

B.1.4 高塑性反復負載試驗方法

本試驗規劃各項試驗參考 CNS 15560，並擬定新規範辦理用以適用於 490 MPa 以上之鋼種，其允收標準以表 B.1.4.1 表示。試驗裝置及加載程序如圖 B.1.4.2 及圖 B.1.4.3 表示。

表 B.1.4.1 各級續接器允收標準

試驗項目	加載程序	指標	合格標準		
			第三類 (SA 級)	第二類 (A 級)	第一類 (B 級)
高塑性反復負載試驗	$0\rightarrow(0.95P_y \leftrightarrow -0.5P_y)\times16$ 回 $\rightarrow(n\delta_y \leftrightarrow -0.5P_y)\times8$ 回 $\rightarrow(2n\delta_y \leftrightarrow -0.5P_y)\times8$ 回→拉至破壞[2]	抗拉強度	$\geq 1.25f_y$ 且 $\geq f_u$	$\geq 1.25f_y$ 且 $\geq f_u$	不適用
		滑動量 $(\delta_s)_{16c}-(\delta_s)_{1c}$	≤ 0.3 mm	≤ 0.3 mm	不適用
		滑動量 $(\delta_s)_{24c}$	≤ 0.9 mm	≤ 0.9 mm	不適用
		滑動量 $(\delta_s)_{32c}$	≤ 1.8 mm	不適用	不適用
		續接處外鋼筋之伸長率[1]	≥9%，鋼筋尺度 D32 以下	≥ 4%	不適用
			≥6%，鋼筋尺度 D36 以上		

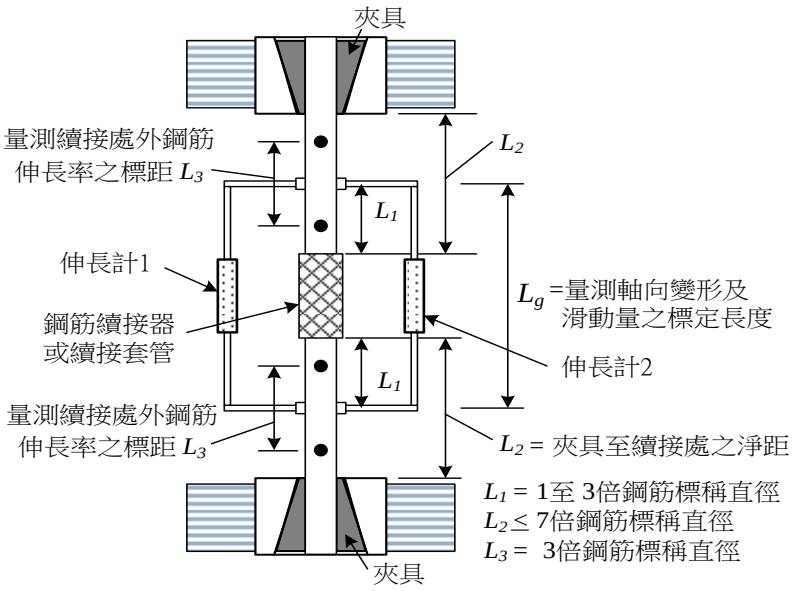
[1]續接處外兩側鋼筋伸長率之較大值。

[2]第二類(A 級)完成 24 回後可拉至破壞；

fy≤4,200 kgf/cm2 [420 MPa]之鋼筋，塑性倍率 n=6；

fy=5,600 kgf/cm2 [550 MPa]之鋼筋，塑性倍率 n=5；

fy=7,000 kgf/cm2 [690 MPa]之鋼筋，塑性倍率 n=4。



圖

B.1.4.2 試驗裝置　　單位:mm

試體編號	d_b	續接器長度 L_c	伸長計夾距 L_g	伸長率標距 L_3	淨距 L_2
TTK-Bar-690-12R-01	38.1	0	228	114	
TTK-Bar-690-12R-02	38.1	0	228	114	
TTK-Bar-690-12R-03	38.1	0	228	114	
TTK-Ace-690-12R-01	38.1	275	503	114	
TTK-Ace-690-12R-02	38.1	275	503	114	
TTK-Ace-690-12R-03	38.1	275	503	114	
TTK-Ace-690-12R-04	38.1	275	503	114	
TTK-Ace-690-12R-05	38.1	275	503	114	
TTK-Ace-690-12R-06	38.1	275	503	114	

TTK-Bar-690-12R-001	38.1	0	228	114	
TTK-Ace-690-12R-001	38.1	275	503	114	184
TTK-Ace-690-12R-002	38.1	275	503	114	184
TTK-Ace-690-12R-003	38.1	275	503	114	184
TTK-Ace-690-12R-004	38.1	275	351	38	108
TTK-Ace-690-12R-005	38.1	275	351	38	108
TTK-Ace-690-12R-006	38.1	275	351	38	108

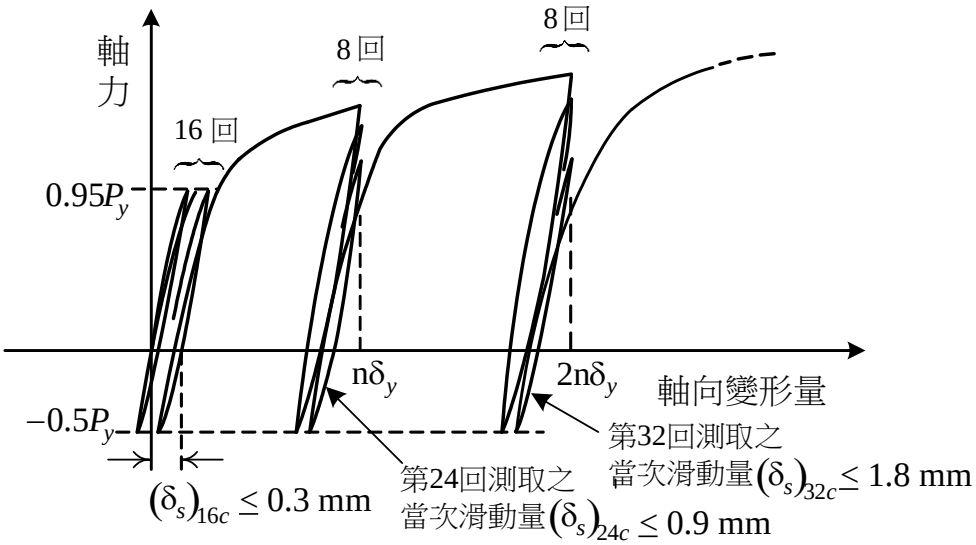


圖 B.1.4.3 試驗加載程序

B.1.5 高塑性反復負載試驗結果

試體編號	抗拉強度	滑動量 $(\delta_s)_{16c} - (\delta_s)_{1c}$	滑動量 $(\delta_s)_{24c}$	滑動量 $(\delta_s)_{32c}$	伸長率*	判定
	≥ 860MPa	≤ 0.3mm	≤ 0.9mm	≤ 1.8mm		
TTK-Ace-690-12R-01	895	0.615−0.315 =0.300	0.487	0.728	14†	SA
TTK-Ace-690-12R-02	899	0.438−0.229 =0.209	0.513	0.726	9†	SA
TTK-Ace-690-12R-03	891	0.902−0.341 =0.561	0.426	0.632	10†	B
TTK-Ace-690-12R-04	889	1.194−0.441 =0.753	0.422	0.658	5†	B
TTK-Ace-690-12R-05	891	0.503−0.273 =0.230	0.487	0.734	14†	SA
TTK-Ace-690-12R-06	892	0.481−0.230 =0.251	0.479	0.707	15†	SA
TTK-Ace-690-12R-001	932	0.404−0.217 =0.187	0.422	0.698	13†	SA

TTK-Ace-690-12R-002	932	0.298−0.190 =0.108	0.467	0.717	21	SA
TTK-Ace-690-12R-003	870	0.385−0.262 =0.123	0.411	0.662	17†	SA

試體編號	抗拉強度	滑動量 $(\delta_s)_{16c}-(\delta_s)_{1c}$	滑動量 $(\delta_s)_{24c}$	滑動量 $(\delta_s)_{32c}$	伸長率*	判定
	≥ 860MPa	≤ 0.3mm	≤ 0.9mm	≤ 1.8mm		
TTK-Ace-690-12R-004	934	0.172−0.157 =0.015	0.298	0.474	17†	SA
TTK-Ace-690-12R-005	929	0.432−0.302 =0.130	0.381	0.566	18†	SA
TTK-Ace-690-12R-006	938	0.253−0.173 =0.080	0.368	0.584	17†	SA

試體編號	抗拉強度	滑動量 $(\delta_s)_{16c}$	滑動量 $(\delta_s)_{24c}$	滑動量 $(\delta_s)_{32c}$	伸長率*
TTK-Bar-690-12R-01	928	0.066	0.111	0.148	
TTK-Bar-690-12R-02	935	0.037	0.122	0.159	
TTK-Bar-690-12R-03	937	0.022	0.111	0.149	
TTK-Bar-690-12R-01	927	0.074	0.175	0.244	12

*續接處外兩側鋼筋伸長率之較大值。SA 級≥9%(D32 以下)or6%(D36 以上)；A 級≥4%；B 級≥2%。

†伸長率標距外斷筋

未特別註記表示伸長率標距內斷筋。

B.1.6 同軸度試驗目的

在施作續接器高塑性反復負載試驗時，常因被續接鋼筋與續接器軸度不同產生歪斜之情況，此現象極有可能造成施作續接器高塑性反復負載試驗時發生挫屈現象，使試體成為無效數據，若此不同軸度發生於施工現場將使結構物中續接器在未達其強度前即發生挫屈現象進而失去穩定，無法使續接器成功發揮其作用，為使續接器實驗在此方面更而完整，本次試驗擬訂此同軸度試驗用以在進行強度試驗前即排除不良試體，使試驗更趨於有效化並在有限的資源及時間下進行高塑性反復負載試驗。

B.1.7 同軸度試驗方法

將續接器組件測量如圖 B.1.7.1，並計算其最大斜率。

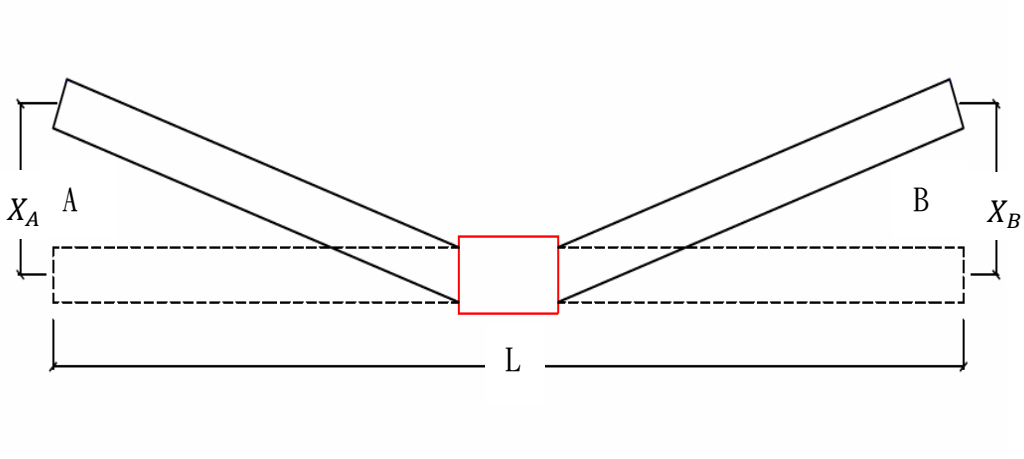


圖 B.1.7.1

B.1.8 同軸度試驗結果

試體編號	X_A(mm)	X_B(mm)	L(mm)	同軸度(1/斜率)
TTK-Ace-690-12R-001	3.8	3.0	1303	172
TTK-Ace-690-12R-002	6.2	5.4	1303	105
TTK-Ace-690-12R-003	1.9	1.9	1304	336
TTK-Ace-690-12R-004	2.4	1.7	1305	270
TTK-Ace-690-12R-005	2.7	0.9	1304	238
TTK-Ace-690-12R-006	1.9	0.6	1307	341

B.1.9 高塑性反復負載試體照片

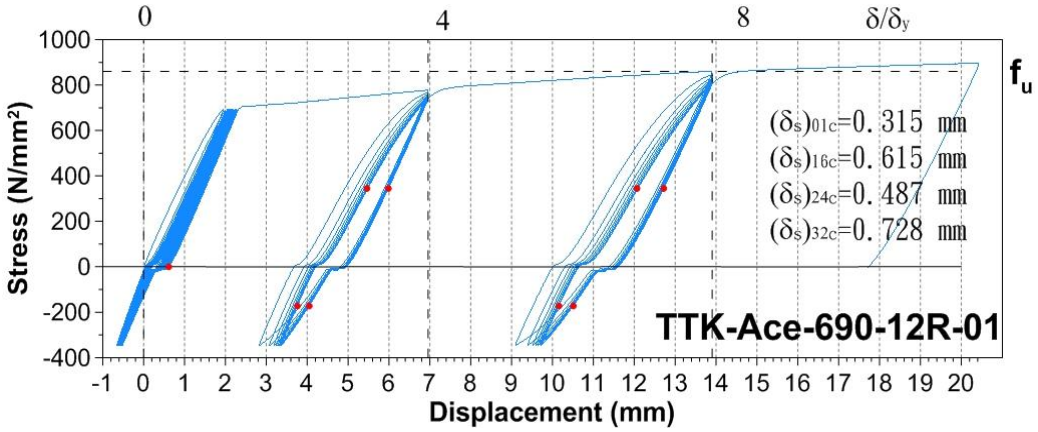


圖 B.1.9.01 試體 TTK-Ace-690-12R-01 載重位移曲線圖

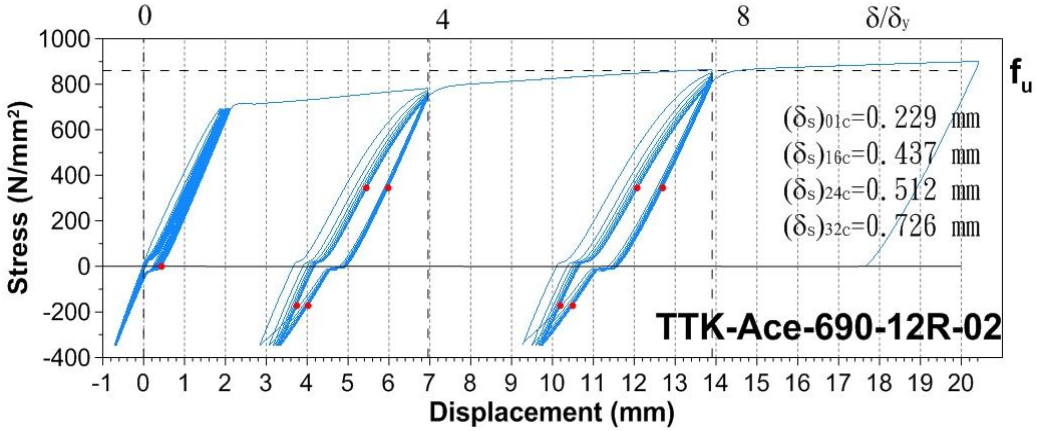


圖 B.1.9.02 試體 TTK-Ace-690-12R-02 載重位移曲線圖

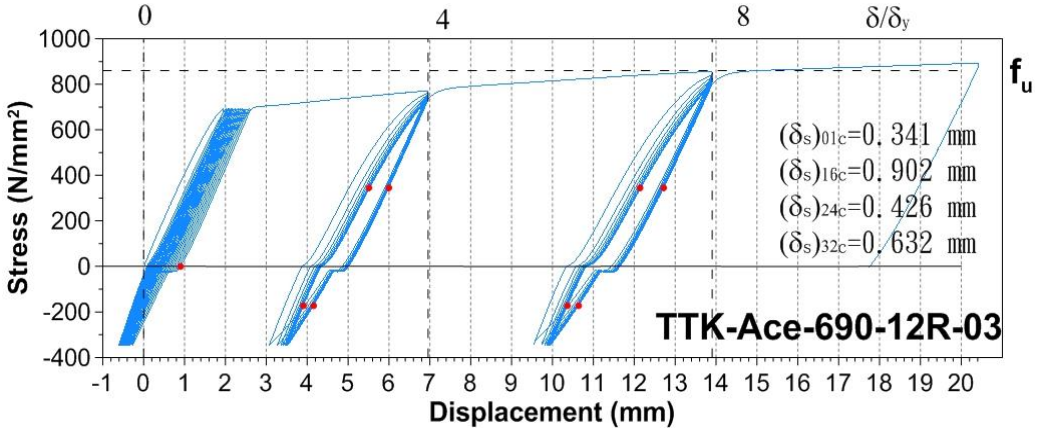


圖 B.1.9.03 試體 TTK-Ace-690-12R-03 載重位移曲線圖

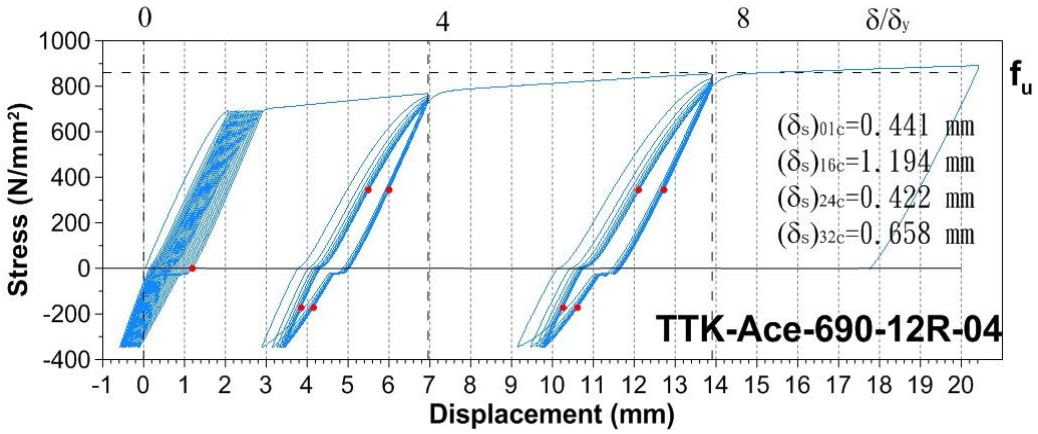


圖 B.1.9.04 試體 TTK-Ace-690-12R-04 載重位移曲線圖

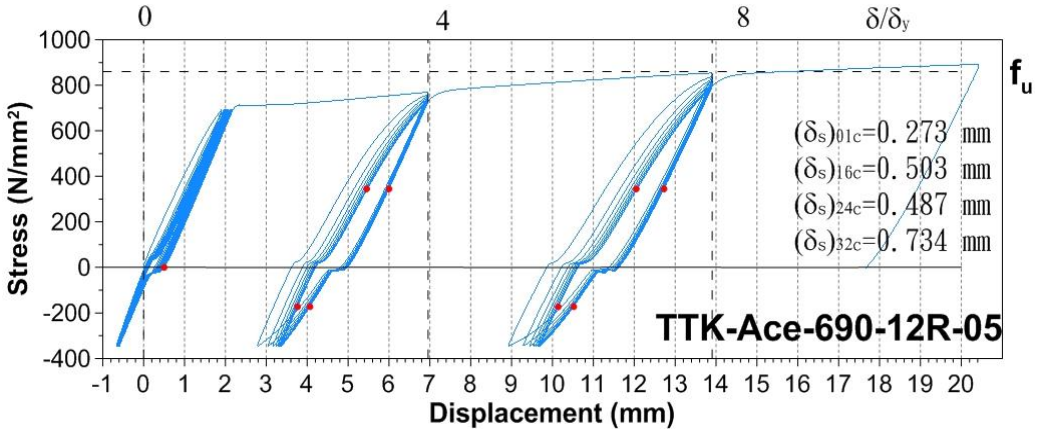


圖 B.1.9.05 試體 TTK-Ace-690-12R-05 載重位移曲線圖

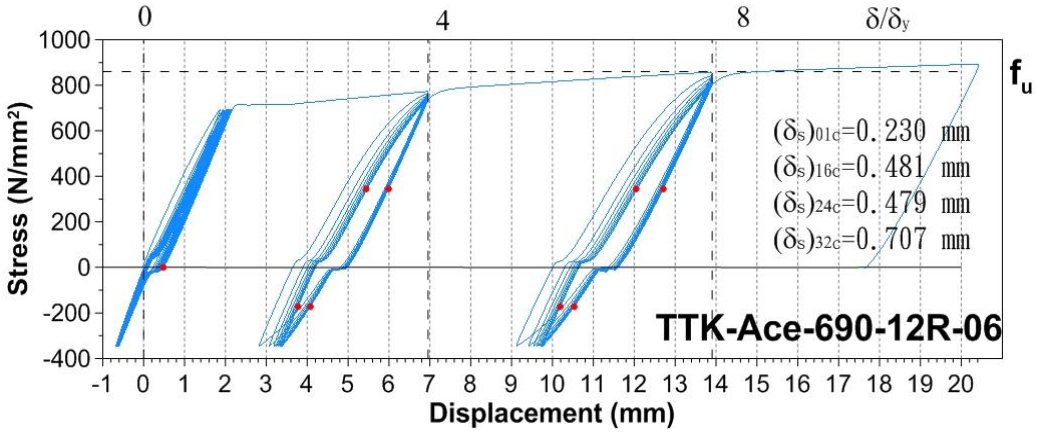


圖 B.1.9.06 試體 TTK-Ace-690-12R-06 載重位移曲線圖



圖 B.1.9.07
試體 TTK-Ace-690-12R-001
實驗照片



圖 B.1.9.08
試體 TTK-Ace-690-12R-001
實驗照片

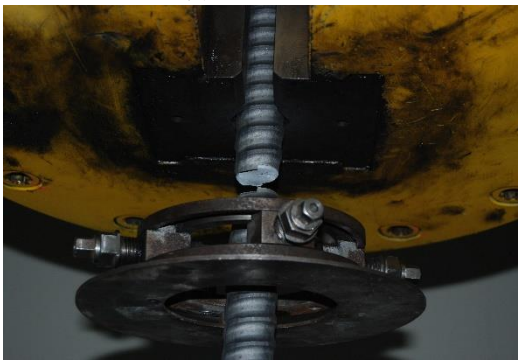


圖 B.1.9.09
試體 TTK-Ace-690-12R-001
實驗照片



圖 B.1.9.010
試體 TTK-Ace-690-12R-001
實驗照片

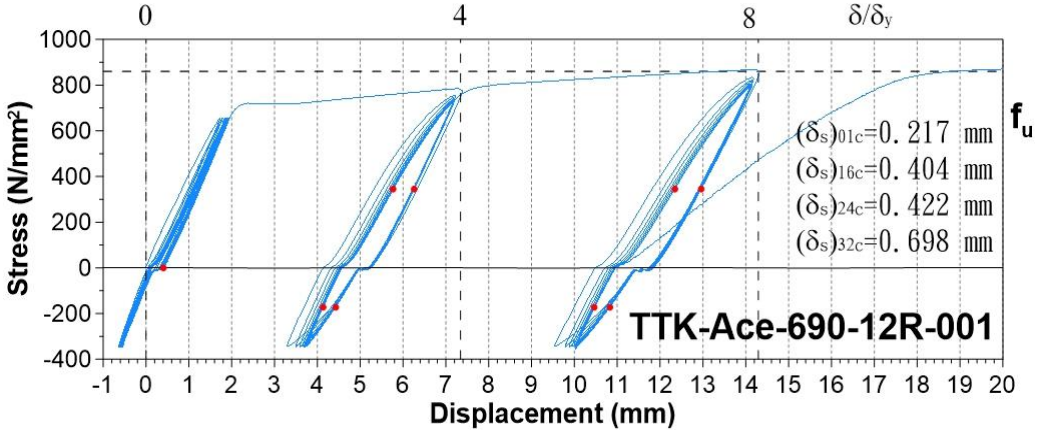


圖 B.1.9.11 試體 TTK-Ace-690-12R-001 載重位移曲線圖



圖 B.1.9.12
試體 TTK-Ace-690-12R-002
實驗照片



圖 B.1.9.13
試體 TTK-Ace-690-12R-002
實驗照片

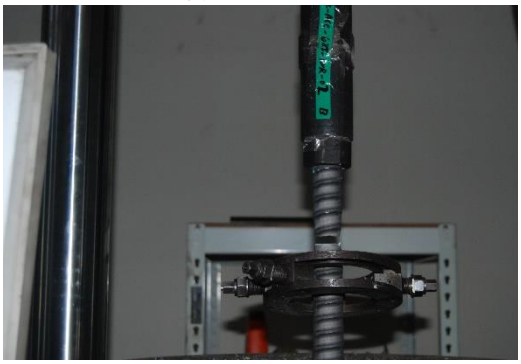


圖 B.1.9.14
試體 TTK-Ace-690-12R-002
實驗照片

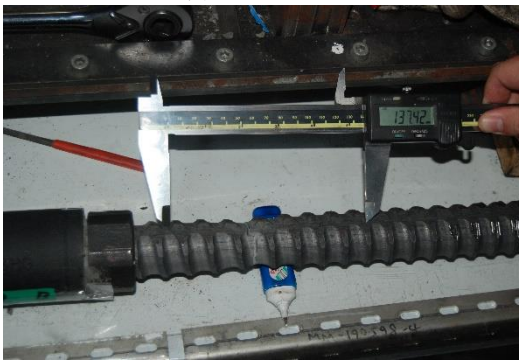


圖 B.1.9.15
試體 TTK-Ace-690-12R-002
實驗照片

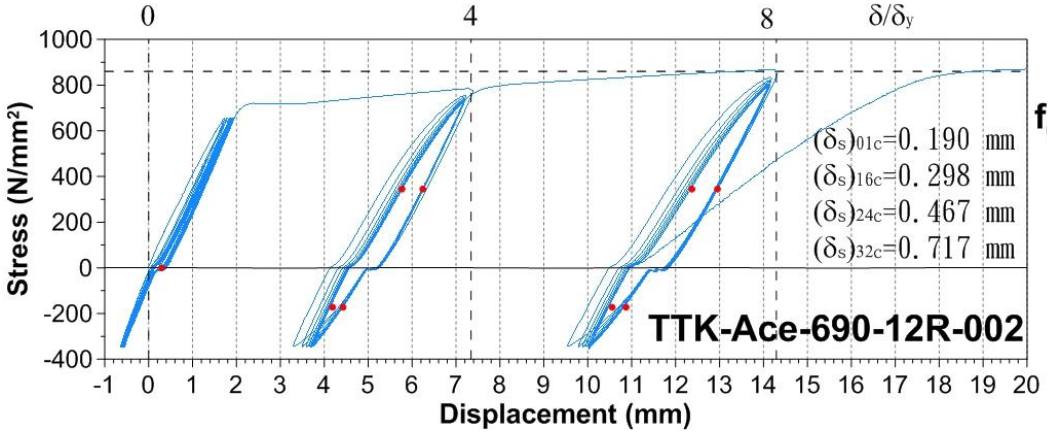


圖 B.1.9.16 試體 TTK-Ace-690-12R-002 載重位移曲線圖



圖 B.1.9.17
試體 TTK-Ace-690-12R-003
實驗照片

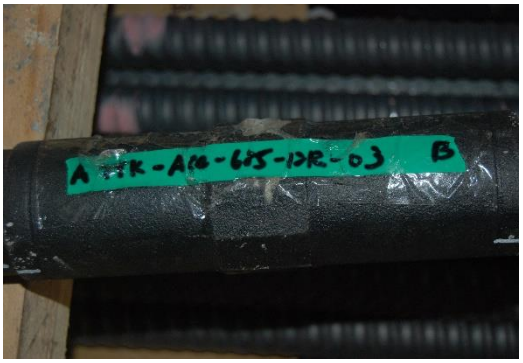


圖 B.1.9.18
試體 TTK-Ace-690-12R-003
實驗照片

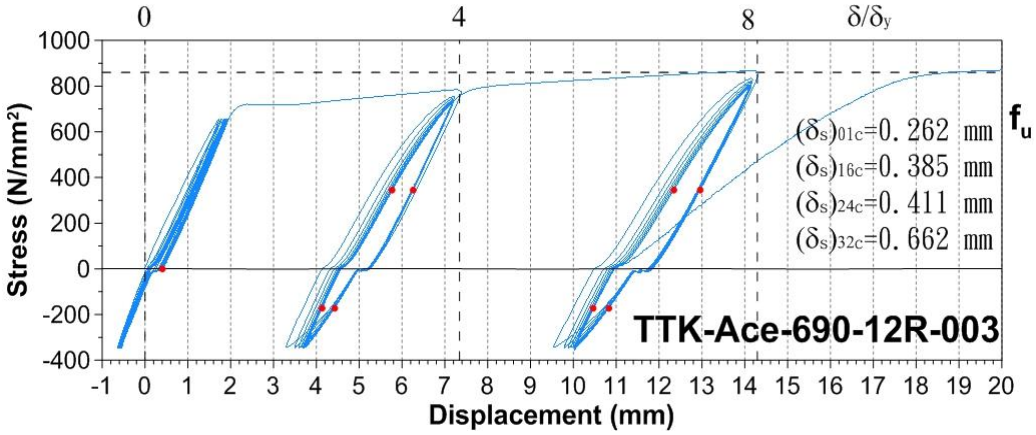


圖 B.1.9.19 試體 TTK-Ace-690-12R-003 載重位移曲線圖

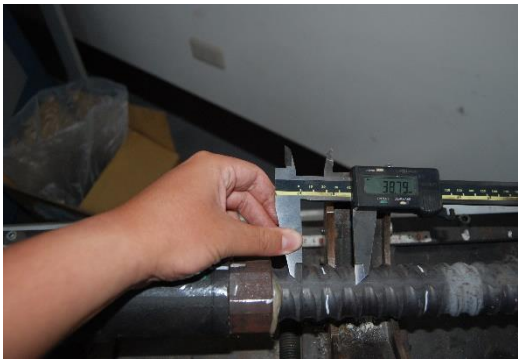


圖 B.1.9.20
試體 TTK-Ace-690-12R-004
實驗照片

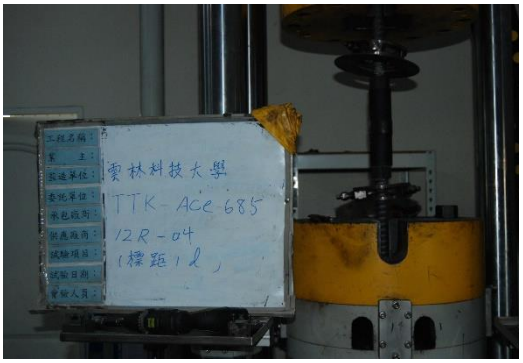


圖 B.1.9.21
試體 TTK-Ace-690-13R-004
實驗照片



圖 B.1.9.22
試體 TTK-Ace-690-12R-004
實驗照片



圖 B.1.9.23
試體 TTK-Ace-690-13R-004
實驗照片

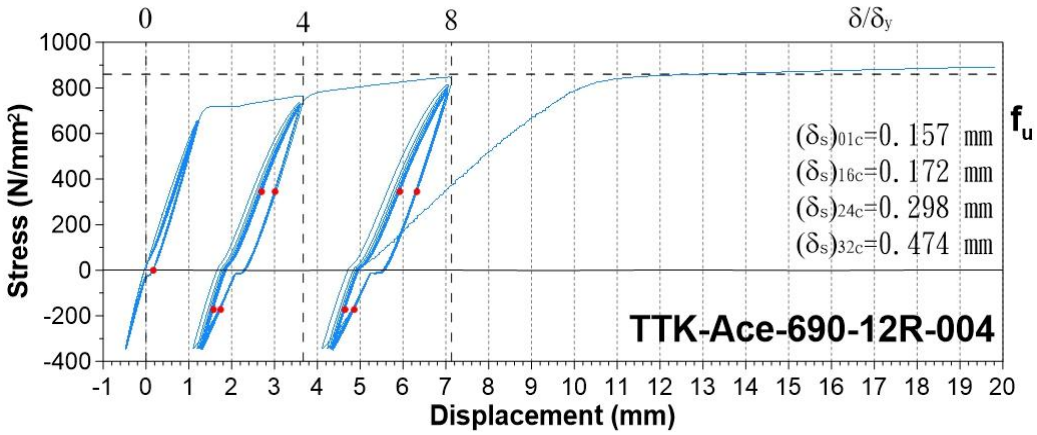


圖 B.1.9.24 試體 TTK-Ace-690-12R-004 載重位移曲線圖

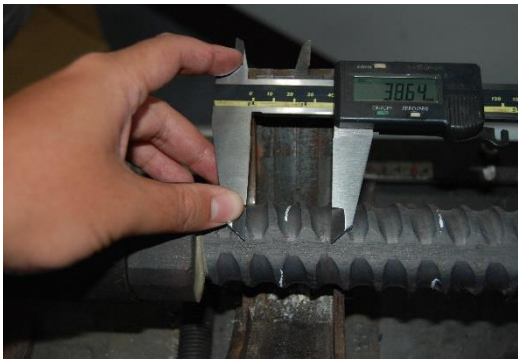


圖 B.1.9.25
試體 TTK-Ace-690-12R-005
實驗照片

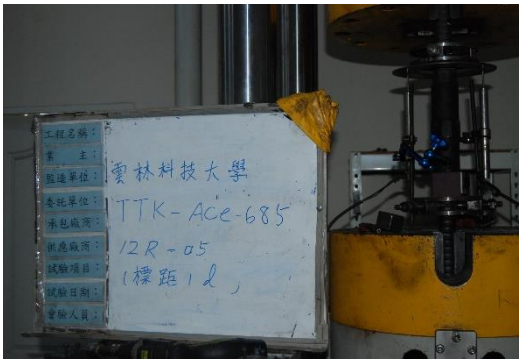


圖 B.1.9.26
試體 TTK-Ace-690-13R-005
實驗照片



圖 B.1.9.27
試體 TTK-Ace-690-12R-005
實驗照片



圖 B.1.9.28
試體 TTK-Ace-690-13R-005
實驗照片

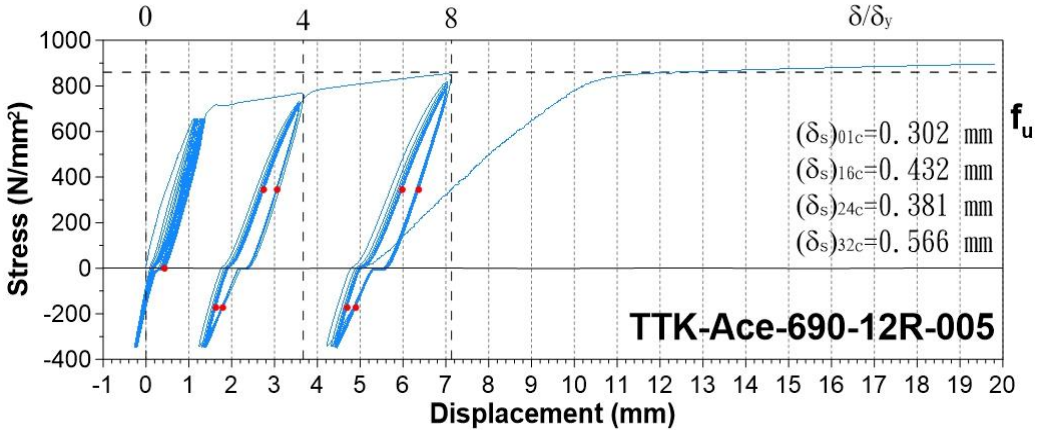


圖 B.1.9.29 試體 TTK-Ace-690-12R-005 載重位移曲線圖



圖 B.1.9.30
試體 TTK-Ace-690-12R-006
實驗照片

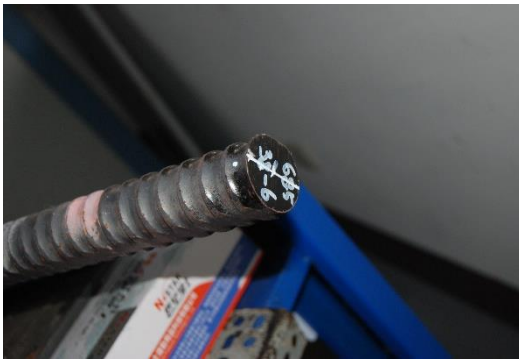


圖 B.1.9.31
試體 TTK-Ace-690-13R-006
實驗照片

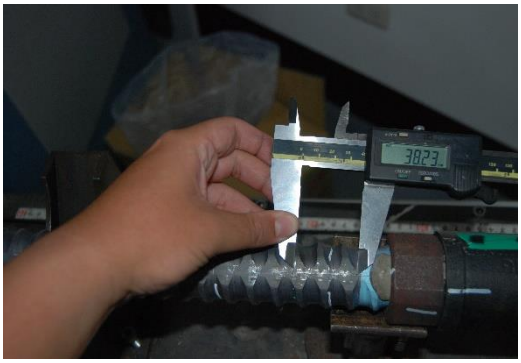


圖 B.1.9.32
試體 TTK-Ace-690-12R-006
實驗照片



圖 B.1.9.33
試體 TTK-Ace-690-13R-006
實驗照片

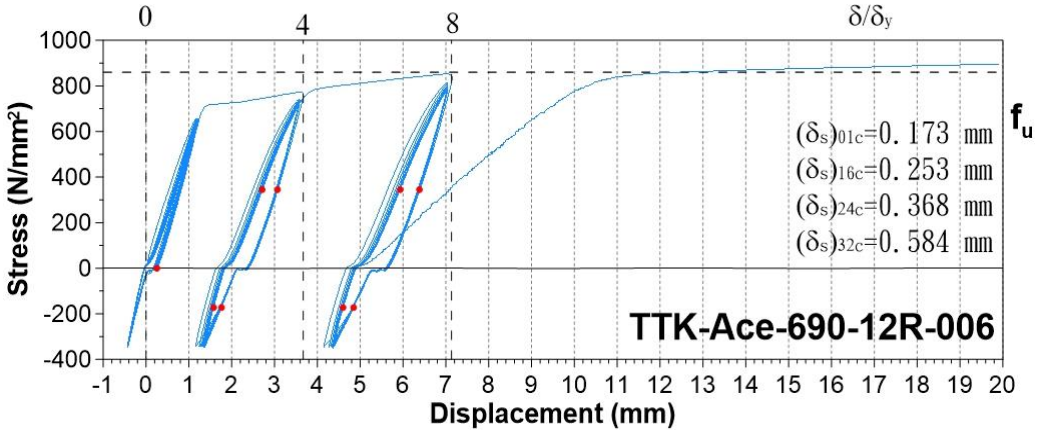


圖 B.1.9.34 試體 TTK-Ace-690-12R-006 載重位移曲線圖

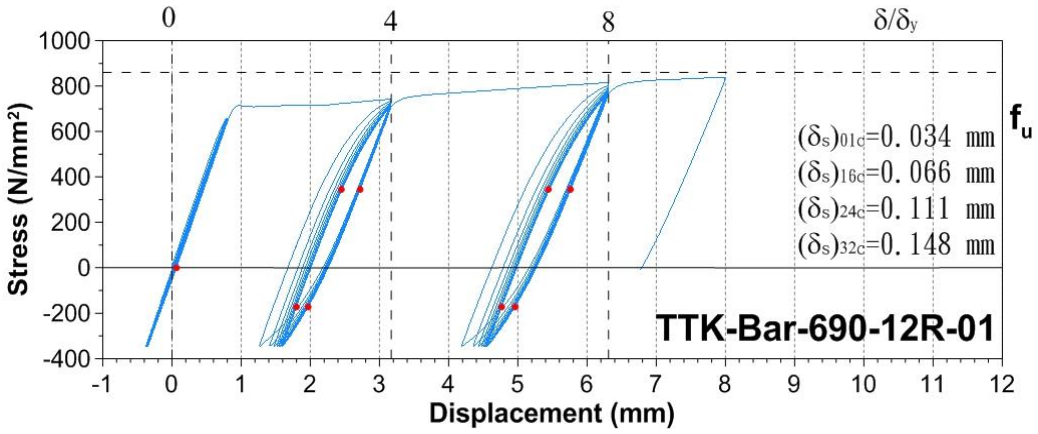


圖 B.1.9.35 試體 TTK-Bar-690-12R-01 載重位移曲線圖

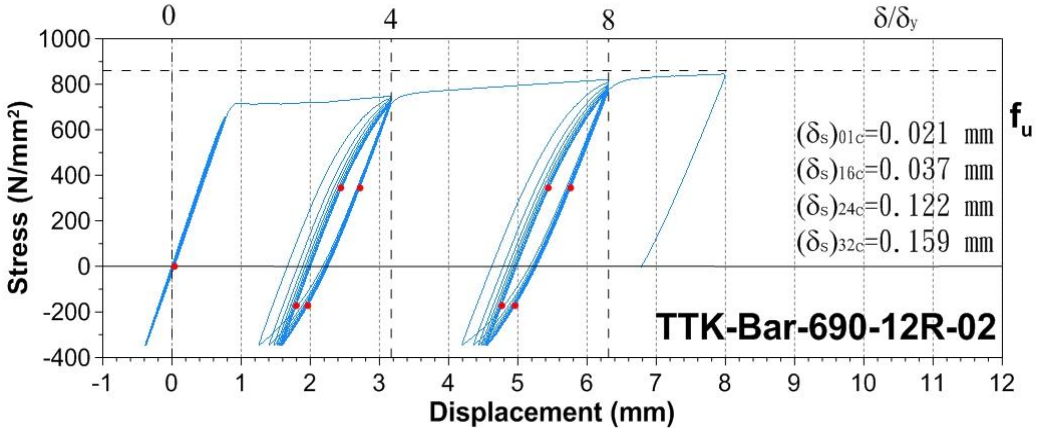


圖 B.1.9.36 試體 TTK-Bar-690-12R-02 載重位移曲線圖

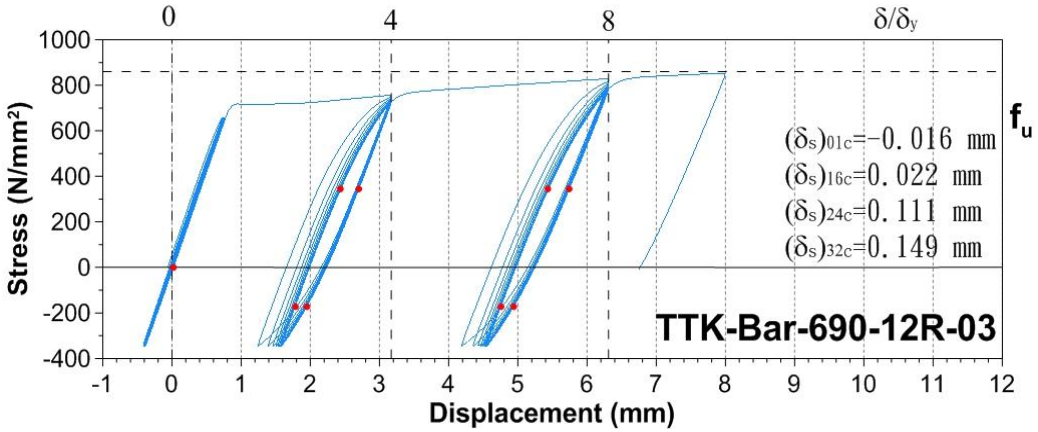


圖 B.1.9.37 試體 TTK-Bar-690-12R-03 載重位移曲線圖

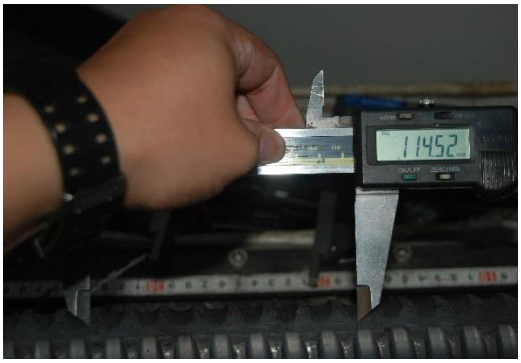


圖 B.1.9.38
試體 TTK-Bar-690-12R-001
實驗照片

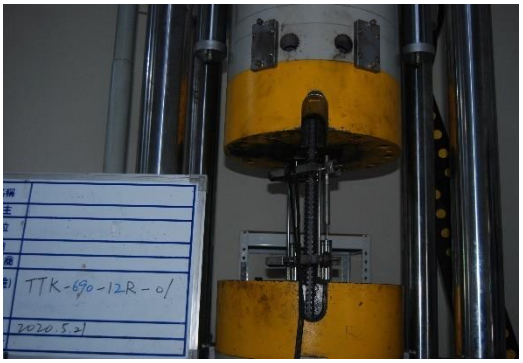


圖 B.1.9.39
試體 TTK-Bar-690-12R-001
實驗照片

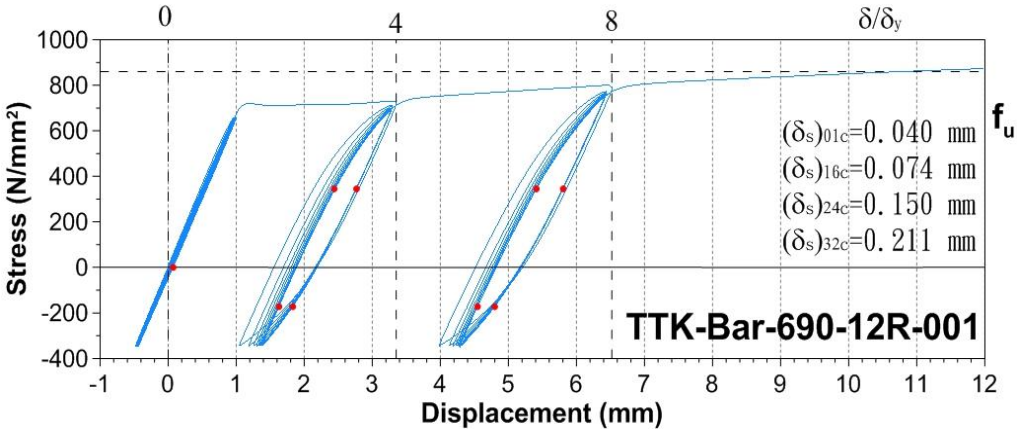


圖 B.1.9.40 試體 TTK-Bar-690-12R-001 載重位移曲線圖

B.1.10 同軸度試驗照片

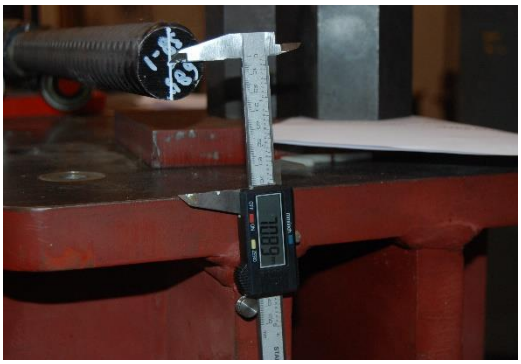


圖 B.1.10.1 同軸度實驗照片



圖 B.1.10.2 同軸度實驗照片

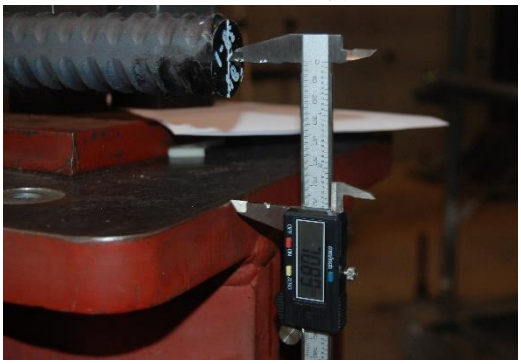


圖 B.1.10.3 同軸度實驗照片

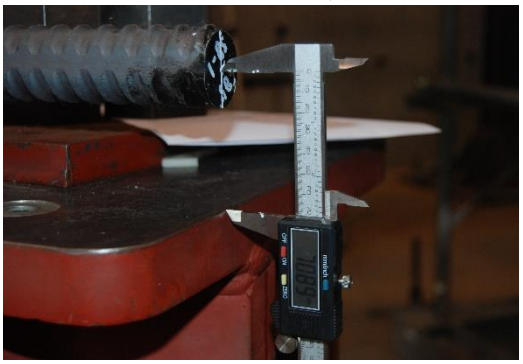


圖 B.1.10.4 同軸度實驗照片

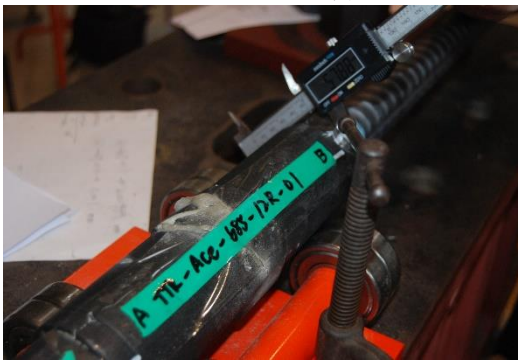


圖 B.1.10.5 同軸度實驗照片

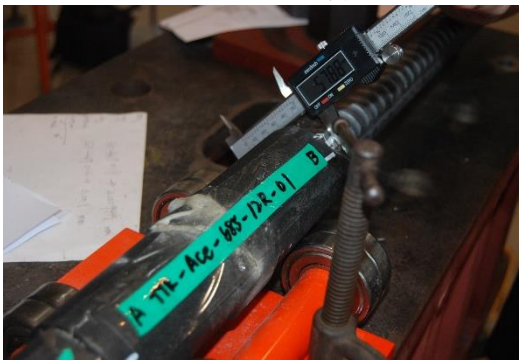


圖 B.1.10.6 同軸度實驗照片

B.2 SD690 螺紋節鋼筋續接組件試驗(日本製#13)

供料廠商：東京鉄鋼株式會社
取樣編號：TTK-Ace-690-13R

續接器組件及母材試驗報告

B.2.1 高塑性反復負載試驗目的

為 SD690 鋼筋可以成為新材料新工法用鋼筋，需要一個官方統一版本的續接器性能合格標準。儘管目前我國已有一套較美日更嚴謹的機械式續接檢驗和合格標準，但不適用較高強度鋼筋，需要補充實驗研究調整機械式續接的檢驗和合格標準，使新版規範更趨完備嚴謹。

B.2.2 高塑性反復負載試驗試體

此次高塑性反復負載試驗試體包含 TTK-690-13R 以表 B.2.2.1 表示。

表 B.2.2.1 續接器試體一覽表

試體編號	續接形式	續接鋼筋
TTK-Bar-690-13R-01	母材鋼筋	USD690 D41 螺紋節
TTK-Bar-690-13R-02	母材鋼筋	USD690 D41 螺紋節
TTK-Bar-690-13R-03	母材鋼筋	USD690 D41 螺紋節
TTK-Ace-690-13R-01	螺紋節鋼筋續接器	USD690 D41 螺紋節
TTK-Ace-690-13R-02	螺紋節鋼筋續接器	USD690 D41 螺紋節
TTK-Ace-690-13R-03	螺紋節鋼筋續接器	USD690 D41 螺紋節
TTK-Ace-690-13R-04	螺紋節鋼筋續接器	USD690 D41 螺紋節
TTK-Ace-690-13R-05	螺紋節鋼筋續接器	USD690 D41 螺紋節
TTK-Ace-690-13R-06	螺紋節鋼筋續接器	USD690 D41 螺紋節
TTK-Bar-690-13R-001	母材鋼筋	USD690 D41 螺紋節
TTK-Ace-690-13R-001	螺紋節鋼筋續接器	USD690 D41 螺紋節
TTK-Ace-690-13R-002	螺紋節鋼筋續接器	USD690 D41 螺紋節
TTK-Ace-690-13R-003	螺紋節鋼筋續接器	USD690 D41 螺紋節
TTK-Ace-690-13R-004	螺紋節鋼筋續接器	USD690 D41 螺紋節
TTK-Ace-690-13R-005	螺紋節鋼筋續接器	USD690 D41 螺紋節
TTK-Ace-690-13R-006	螺紋節鋼筋續接器	USD690 D41 螺紋節

B.2.3 高塑性反復負載試體製作

(1)鋼筋

採用螺紋節鋼筋 USD690-D41

(2)續接器

採用東京鐵鋼出產之螺紋節鋼筋續接器。

(http://www.tokyotekko.co.jp/zh/index.html)

(3)填充材

使用 TTK 砂漿填充材(TTK Grout 600)，管理項目如以表 B.2.3.1 表示，抗壓強度以表 B.2.3.2 表示。

表 B.2.3.1

水量	1.9 L	材溫	8.8℃
氣溫	13.3℃	坍度值	160 mm X 160 mm
水溫	13.6℃	批號	MCB203

表 B.2.3.2

壓縮試驗-試體編號	填充材壓縮強度-N/mm
試體-1	94.7
試體-2	75.4
試體-3	71.8
平均	80.6

B.2.4 高塑性反復負載試驗方法

本試驗規劃各項試驗參考 CNS 15560，並擬定新規範辦理用以適用於 490 MPa 以上之鋼種，其允收標準以表 B.2.4.1 表示。試驗裝置及加載程序如圖 B.2.4.2 及圖 B.2.4.3 表示。

表 B.2.4.1 各級續接器允收標準

試驗項目	加載程序	指標	合格標準		
			第三類 (SA 級)	第二類 (A 級)	第一類 (B 級)
高塑性反復負載試驗	$0\rightarrow(0.95P_y \leftrightarrow -0.5P_y)\times16$ 回 $\rightarrow(n\delta_y \leftrightarrow -0.5P_y)\times8$ 回 $\rightarrow(2n\delta_y \leftrightarrow -0.5P_y)\times8$ 回→拉至破壞[2]	抗拉強度	$\geq 1.25f_y$ 且 $\geq f_u$	$\geq 1.25f_y$ 且 $\geq f_u$	不適用
		滑動量 $(\delta_s)_{16c}-(\delta_s)_{1c}$	≤ 0.3 mm	≤ 0.3 mm	不適用
		滑動量 $(\delta_s)_{24c}$	≤ 0.9 mm	≤ 0.9 mm	不適用
		滑動量 $(\delta_s)_{32c}$	≤ 1.8 mm	不適用	不適用
		續接處外鋼筋之伸長率[1]	≥9%，鋼筋尺度 D32 以下	≥ 4%	不適用
			≥6%，鋼筋尺度 D36 以上		

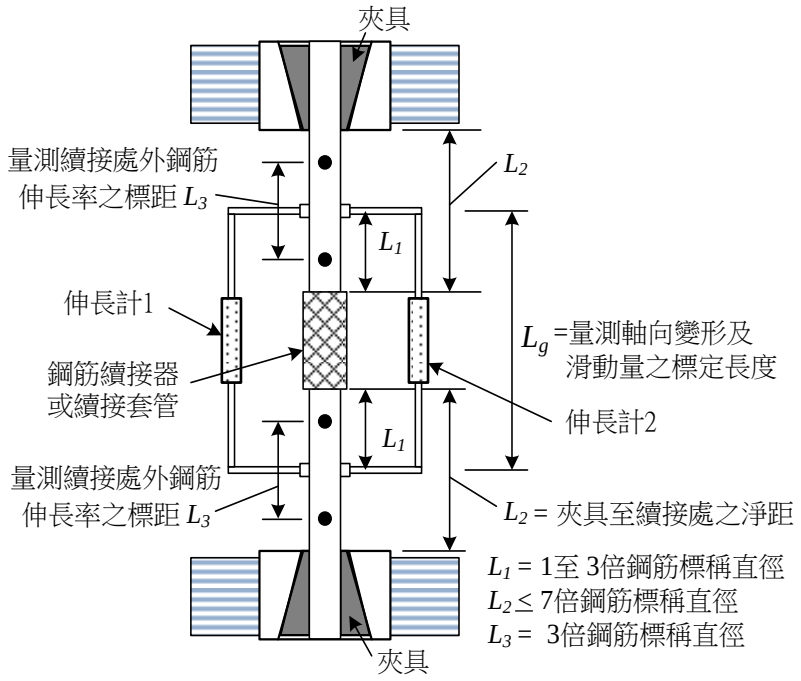
[1]續接處外兩側鋼筋伸長率之較大值。

[2]第二類(A 級)完成 24 回後可拉至破壞；

fy≤4,200 kgf/cm2 [420 MPa]之鋼筋，塑性倍率 n=6；

fy=5,600 kgf/cm2 [550 MPa]之鋼筋，塑性倍率 n=5；

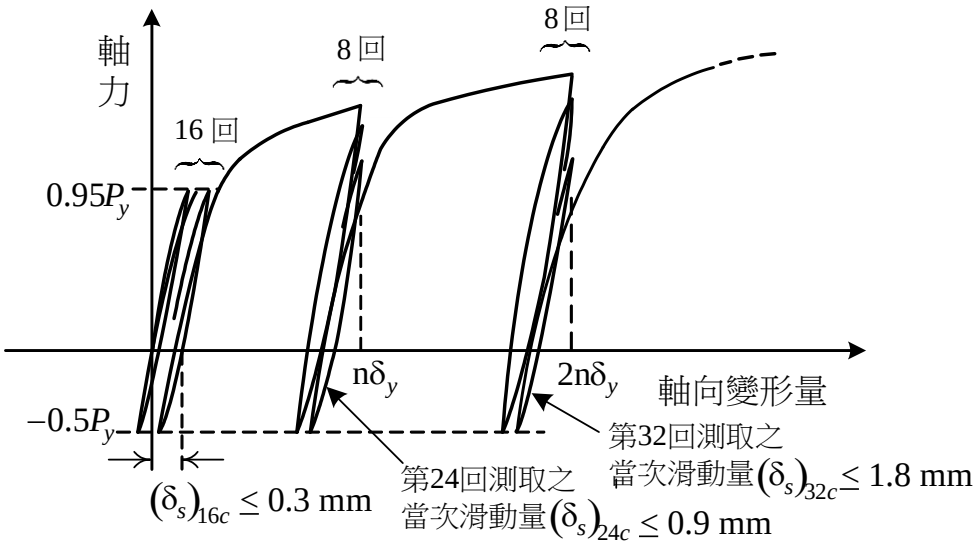
fy=7,000 kgf/cm2 [690 MPa]之鋼筋，塑性倍率 n=4。



B.2.4.2 試驗裝置圖　　單位:mm

試體編號	d_b	續接器長度 L_c	伸長計夾距 L_g	伸長率標距 L_3	淨距 L_2
TTK-Bar-690-13R-01	41.3	0	248	124	
TTK-Bar-690-13R-02	41.3	0	248	124	
TTK-Bar-690-13R-03	41.3	0	248	124	
TTK-Ace-690-13R-01	41.3	280	528	124	
TTK-Ace-690-13R-02	41.3	280	528	124	
TTK-Ace-690-13R-03	41.3	280	528	124	
TTK-Ace-690-13R-04	41.3	280	528	124	
TTK-Ace-690-13R-05	41.3	280	528	124	
TTK-Ace-690-13R-06	41.3	280	528	124	

TTK-Bar-690-13R-001	41.3	0	248	124	
TTK-Ace-690-13R-001	41.3	280	528	124	194
TTK-Ace-690-13R-002	41.3	280	528	124	194
TTK-Ace-690-13R-003	41.3	280	528	124	194
TTK-Ace-690-13R-004	41.3	280	363	41	111
TTK-Ace-690-13R-005	41.3	280	363	41	111
TTK-Ace-690-13R-006	41.3	280	363	41	111



加載至0.95P_y，反向加壓至 −0.50P_y，
重複16回到標稱零載重之殘留滑動量

圖 B.2.4.3 試驗加載程序

B.2.5 高塑性反復負載試驗結果

試體編號	抗拉強度	滑動量 $(\delta_s)_{16c} - (\delta_s)_{1c}$	滑動量 $(\delta_s)_{24c}$	滑動量 $(\delta_s)_{32c}$	伸長率*	判定
	≥ 860MPa	≤ 0.3mm	≤ 0.9mm	≤ 1.8mm		
TTK-Ace-690-13R-01	873	0.363−0.261 =0.102	0.541	0.782	11	SA
TTK-Ace-690-13R-02	887	0.436−0.224 =0.212	0.555	0.777	15	SA
TTK-Ace-690-13R-03	879	0.401−0.181 =0.220	0.491	0.685	17	SA
TTK-Ace-690-13R-04	871	0.475−0.302 =0.173	0.517	0.721	19	SA
TTK-Ace-690-13R-06	877	0.458−0.356 =0.102	0.488	0.718	19	SA
TTK-Ace-690-13R-001	933	0.419−0.279 =0.140	0.461	0.723	22	SA
TTK-Ace-690-13R-002	934	0.286−0.056 =0.230	0.484	0.708	17	SA

TTK-Ace-690-13R-003	932	0.350−0.227 =0.113	0.491	0.729	22	SA

試體編號	抗拉強度	滑動量 $(\delta_s)_{16c}-(\delta_s)_{1c}$	滑動量 $(\delta_s)_{24c}$	滑動量 $(\delta_s)_{32c}$	伸長率*	判定
	≧ 860MPa	≦ 0.3mm	≦ 0.9mm	≦ 1.8mm		
TTK-Ace-690-13R-004	935	0.216−0.126 =0.090	0.489	0.726	27	SA
TTK-Ace-690-13R-005	936	0.257−0.197 =0.060	0.518	0.751	19†	SA
TTK-Ace-690-13R-006	929	0.267−0.216 =0.051	0.408	0.642	24	SA

試體編號	抗拉強度	滑動量 $(\delta_s)_{16c}$	滑動量 $(\delta_s)_{24c}$	滑動量 $(\delta_s)_{32c}$	伸長率*
TTK-Bar-690-13R-01	930	0.100	0.134	0.186	20
TTK-Bar-690-13R-02	922	0.024	0.130	0.187	15
TTK-Bar-690-13R-03	926	0.0657	0.123	0.174	15
TTK-Bar-690-13R-001	940	0.073	0.149	0.192	14

*續接處外兩側鋼筋伸長率之較大值。SA 級≥9%(D32 以下)or6%(D36 以上)；A 級≥4%；B 級≥2%。

†伸長率標距外斷筋

未特別註記表示伸長率標距內斷筋。

B.2.6 同軸度試驗目的

在施作續接器高塑性反復負載試驗時，常因被續接鋼筋與續接器軸度不同產生歪斜之情況，此現象極有可能造成施作續接器高塑性反復負載試驗時發生挫屈現象，使試體成為無效數據，若此不同軸度發生於施工現場將使結構物中續接器在未達其強度前即發生挫屈現象進而失去穩定，無法使續接器成功發揮其作用，為使續接器實驗在此方面更而完整，本次試驗擬訂此同軸度試驗用以在進行強度試驗前即排除不良試體，使試驗更趨於有效化並在有限的資源及時間下進行高塑性反復負載試驗。

B.2.7 同軸度試驗方法

將續接器組件測量如圖 B.2.7.1，並計算其最大斜率。

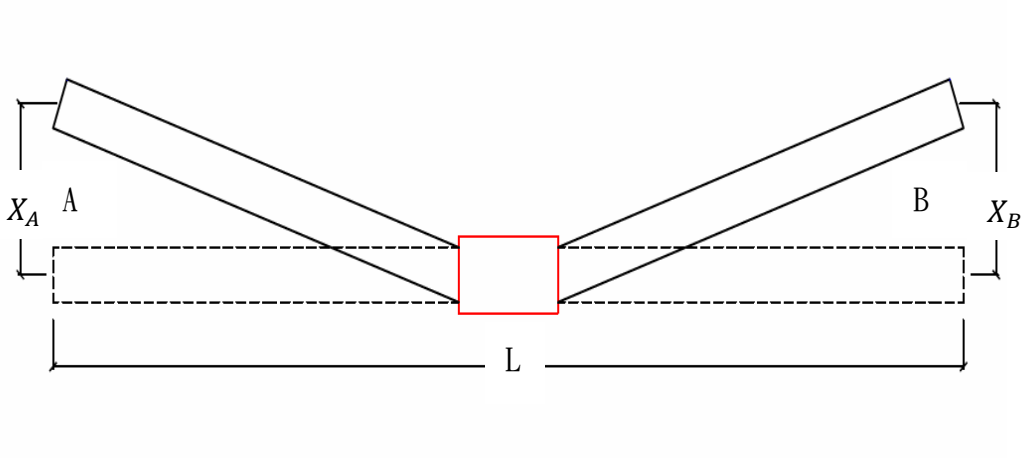


圖 B.2.7.1

B.2.8 同軸度試驗結果

試體編號	X_A(mm)	X_B(mm)	L(mm)	同軸度(1/斜率)
TTK-Ace-690-13R-001	6.4	5.3	1298	101
TTK-Ace-690-13R-002	3.1	7.4	1293	88
TTK-Ace-690-13R-003	4.7	6.1	1302	108
TTK-Ace-690-13R-004	2.8	6.5	1300	100
TTK-Ace-690-13R-005	4.3	7.4	1299	89
TTK-Ace-690-13R-006	2.1	4.6	1301	141

B.2.9 高塑性反復負載試體照片

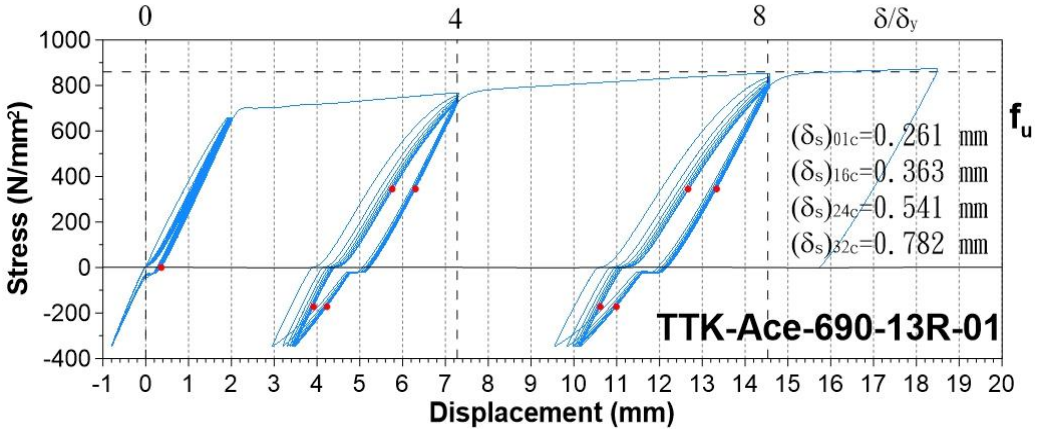


圖 B.2.9.01 試體 TTK-Ace-690-13R-01 載重位移曲線圖

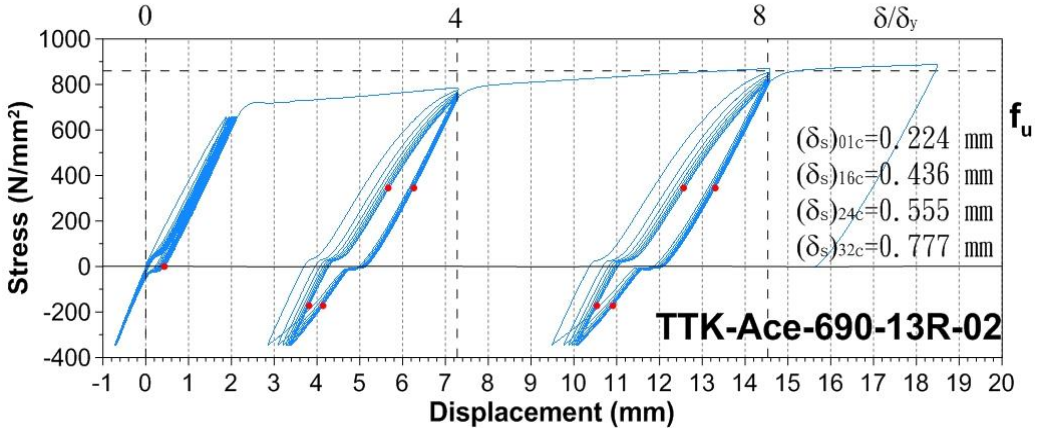


圖 B.2.9.02 試體 TTK-Ace-690-13R-02 載重位移曲線圖

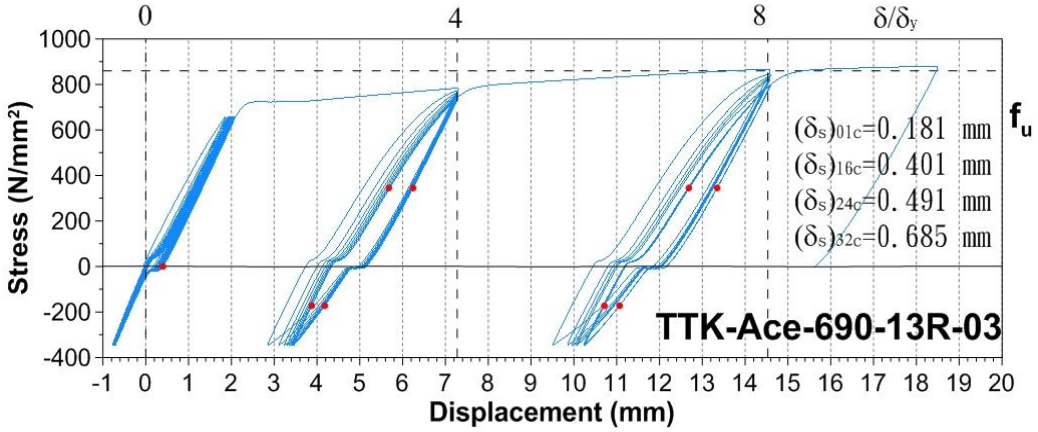


圖 B.2.9.03 試體 TTK-Ace-690-13R-03 載重位移曲線圖

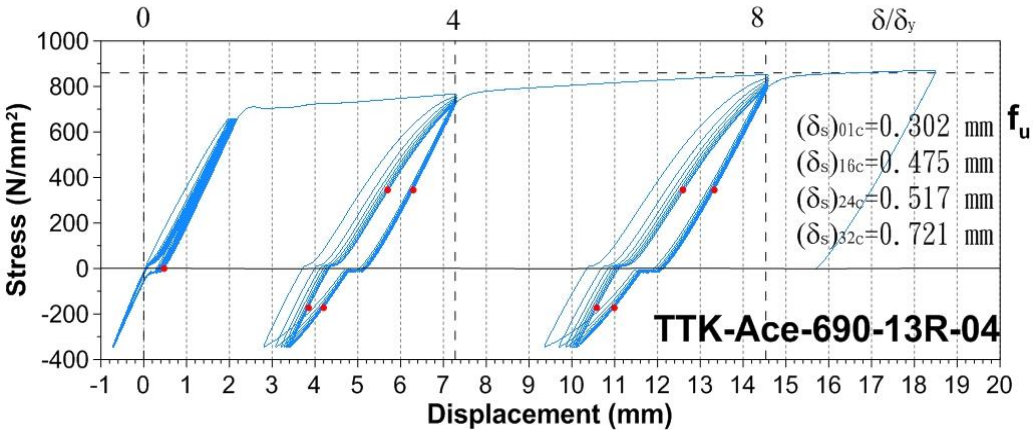


圖 B.2.9.04 試體 TTK-Ace-690-13R-04 載重位移曲線圖

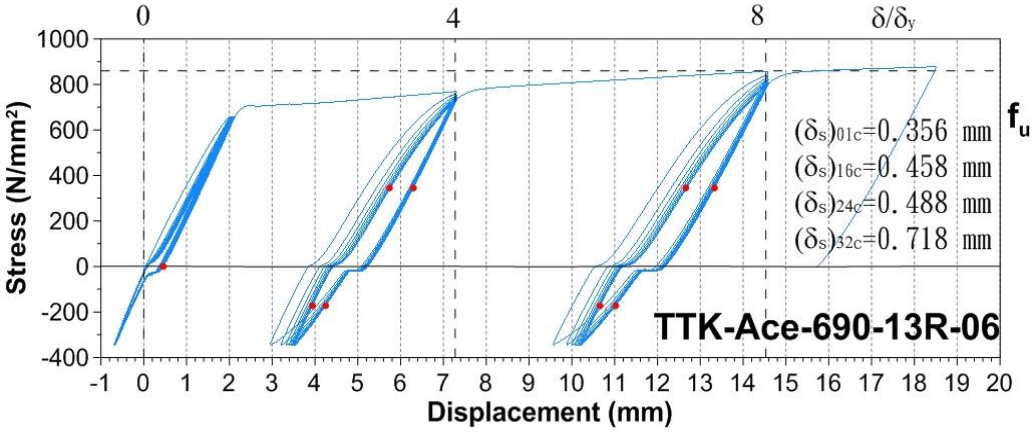


圖 B.2.9.05 試體 TTK-Ace-690-13R-06 載重位移曲線圖

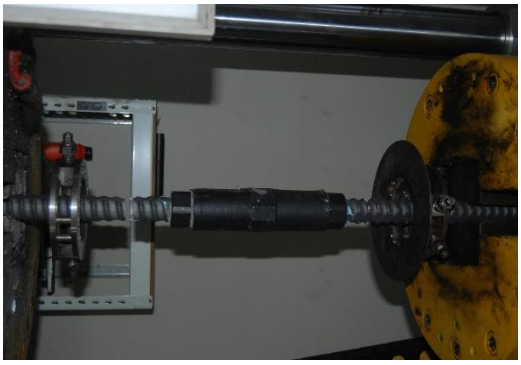


圖 B.2.9.06
試體 TTK-Ace-690-13R-001
實驗照片



圖 B.2.9.07
試體 TTK-Ace-690-13R-001
實驗照片

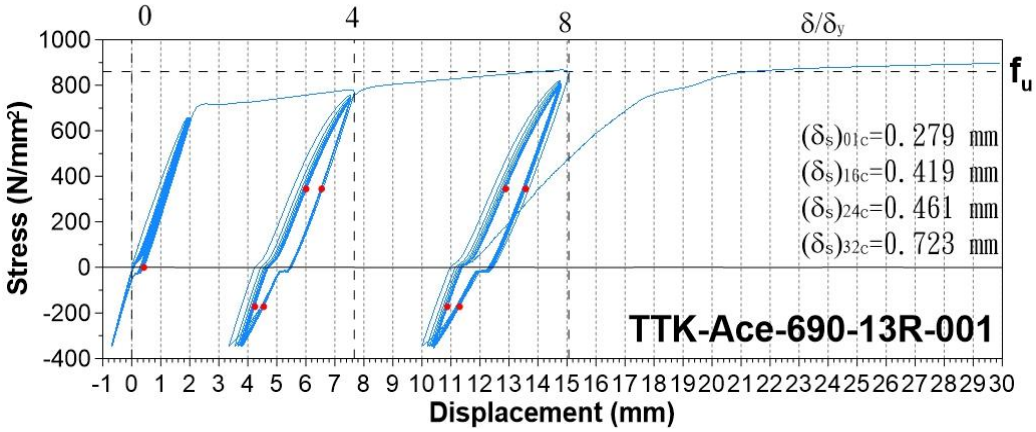


圖 B.2.9.08 試體 TTK-Ace-690-13R-001 載重位移曲線圖



圖 B.2.9.09
試體 TTK-Ace-690-13R-002
實驗照片

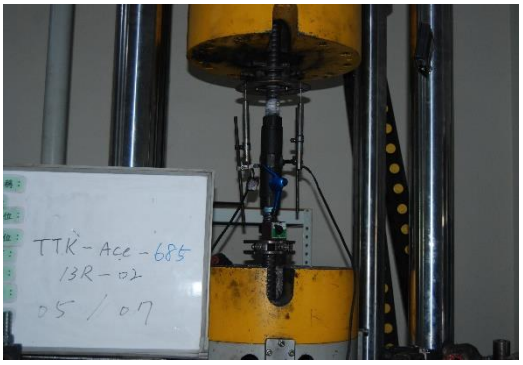


圖 B.2.9.10
試體 TTK-Ace-690-13R-002
實驗照片

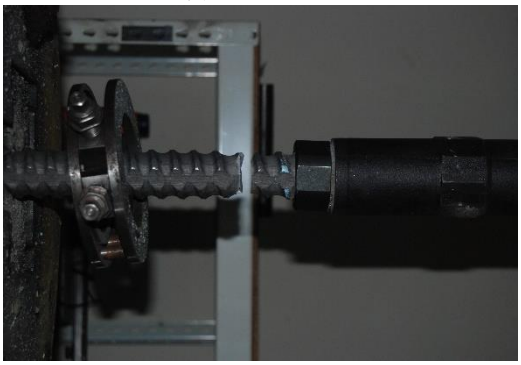


圖 B.2.9.11
試體 TTK-Ace-690-13R-002
實驗照片



圖 B.2.9.12
試體 TTK-Ace-690-13R-002
實驗照片

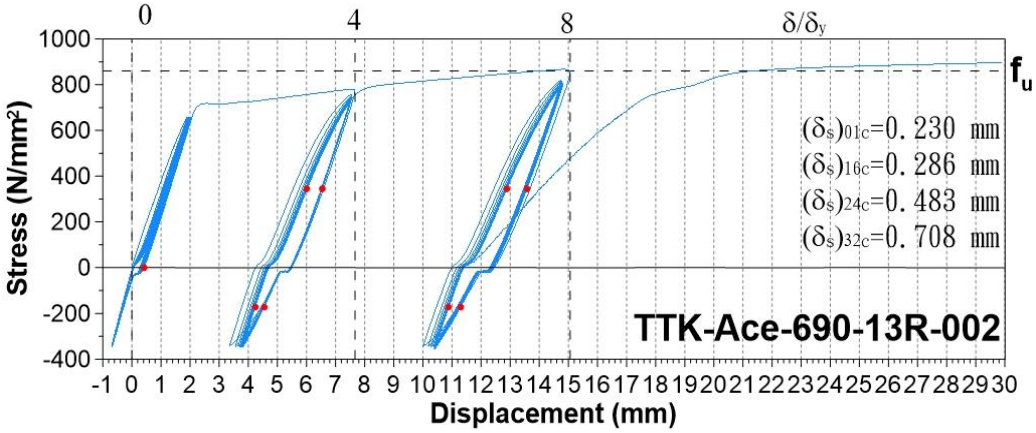


圖 B.2.9.13 試體 TTK-Ace-690-13R-002 載重位移曲線圖

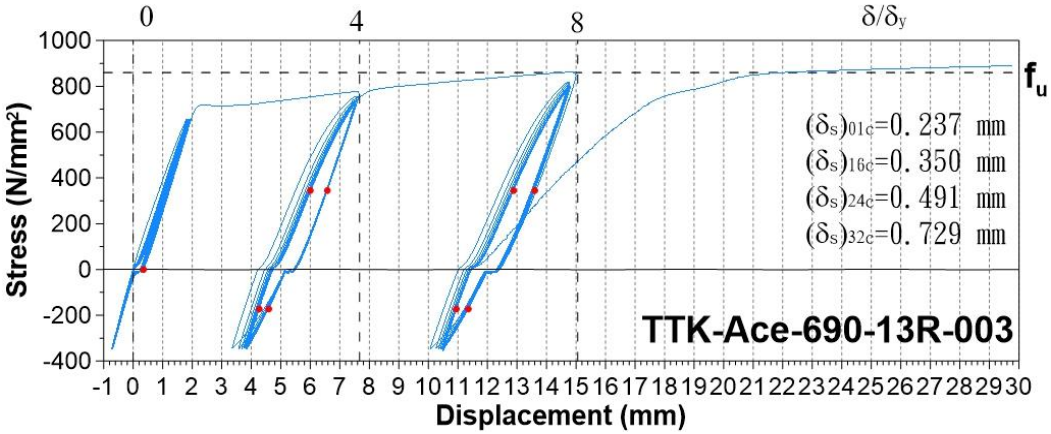


圖 B.2.9.14 試體 TTK-Ace-690-13R-003 載重位移曲線圖



圖 B.2.9.15
試體 TTK-Ace-690-13R-004
實驗照片

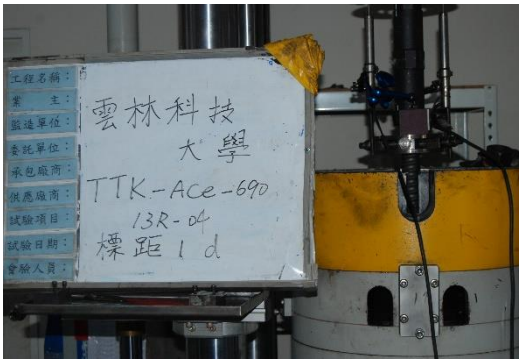


圖 B.2.9.16
試體 TTK-Ace-690-13R-004
實驗照片



圖 B.2.9.17
試體 TTK-Ace-690-13R-004
實驗照片

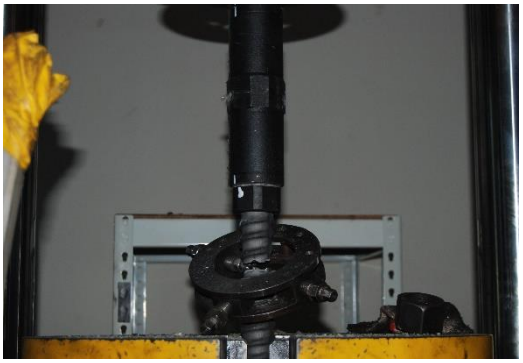


圖 B.2.9.18
試體 TTK-Ace-690-13R-004
實驗照片

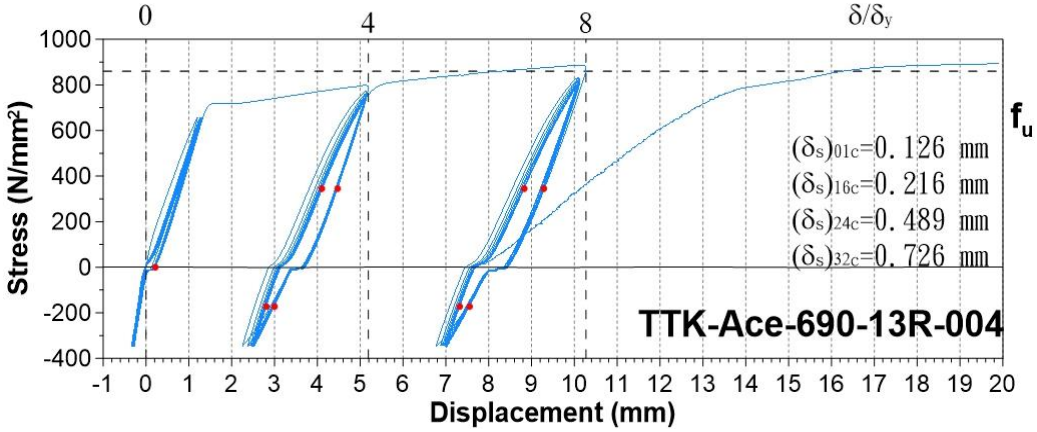


圖 B.2.9.19 試體 TTK-Ace-690-13R-004 載重位移曲線圖



圖 B.2.9.20
試體 TTK-Ace-690-13R-005
實驗照片

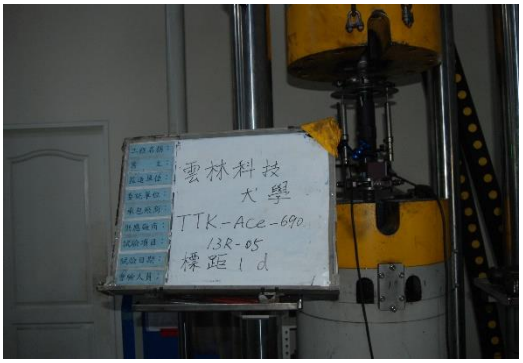


圖 B.2.9.21
試體 TTK-Ace-690-13R-005
實驗照片

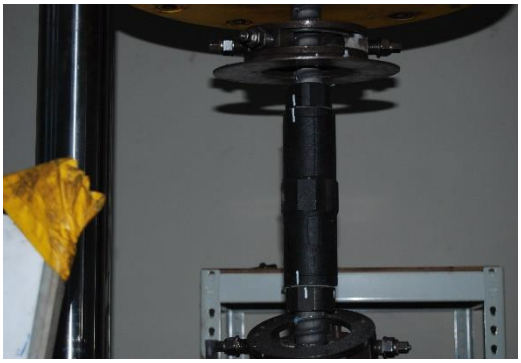


圖 B.2.9.22
試體 TTK-Ace-690-13R-005
實驗照片



圖 B.2.9.23
試體 TTK-Ace-690-13R-005
實驗照片

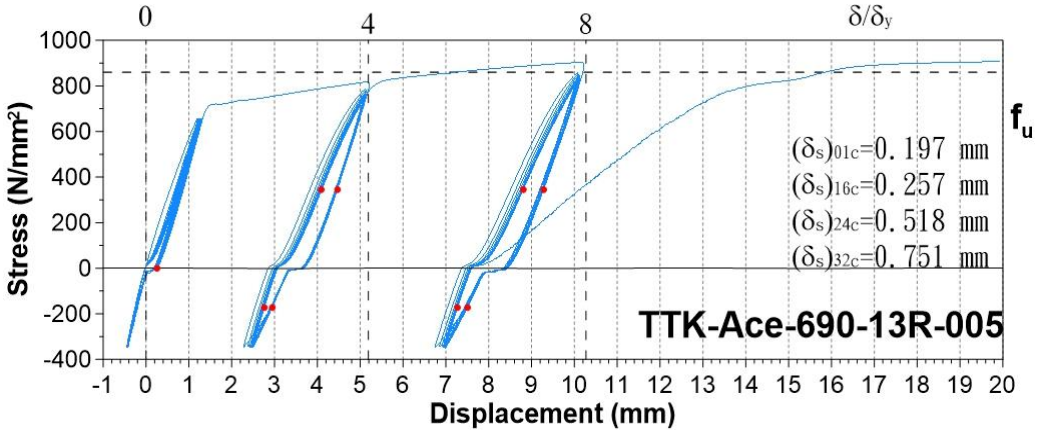


圖 B.2.9.24 試體 TTK-Ace-690-13R-005 載重位移曲線圖



圖 B.2.9.25
試體 TTK-Ace-690-13R-006
實驗照片

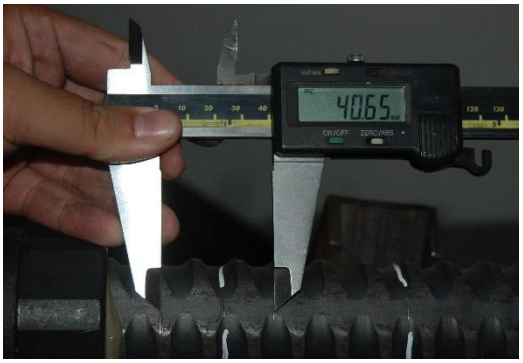


圖 B.2.9.26
試體 TTK-Ace-690-13R-006
實驗照片

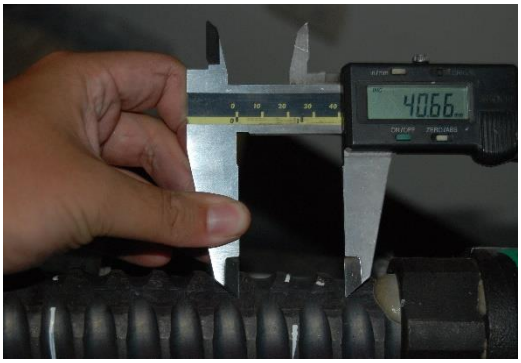


圖 B.2.9.27
試體 TTK-Ace-690-13R-006
實驗照片

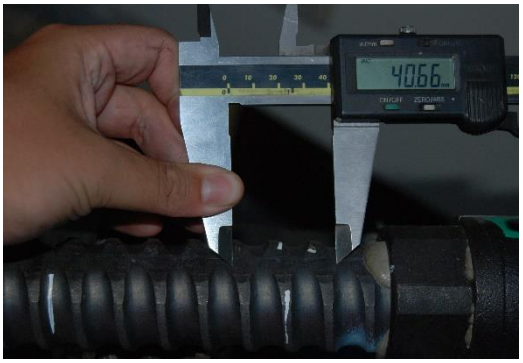


圖 B.2.9.28
試體 TTK-Ace-690-13R-006
實驗照片

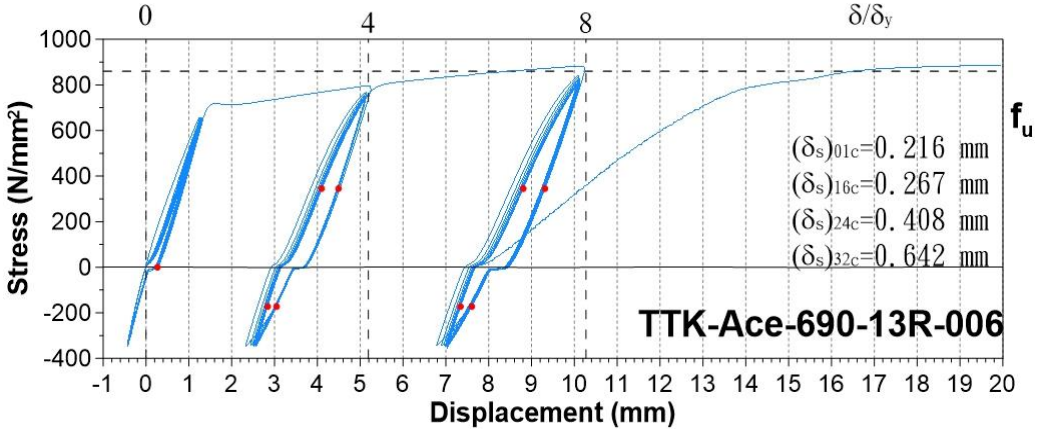


圖 B.2.9.29 試體 TTK-Ace-690-13R-006 載重位移曲線圖

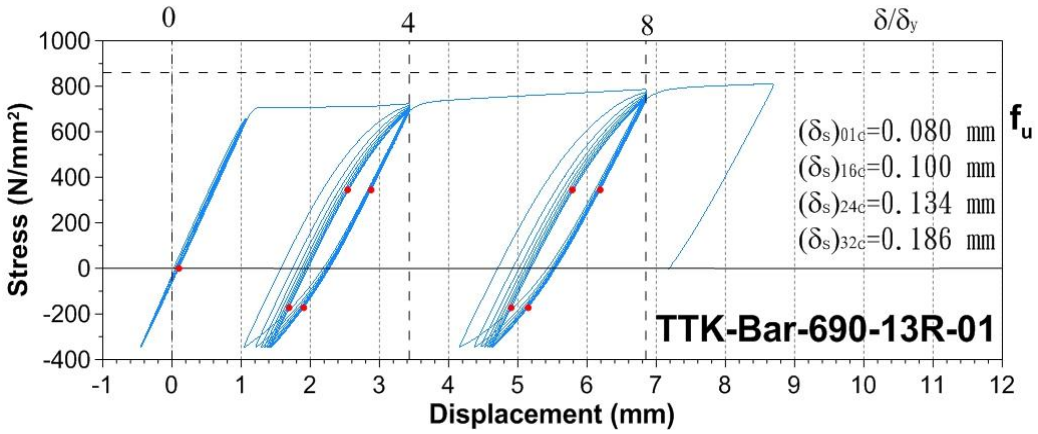


圖 B.2.9.30 試體 TTK-Bar-690-13R-01 載重位移曲線圖

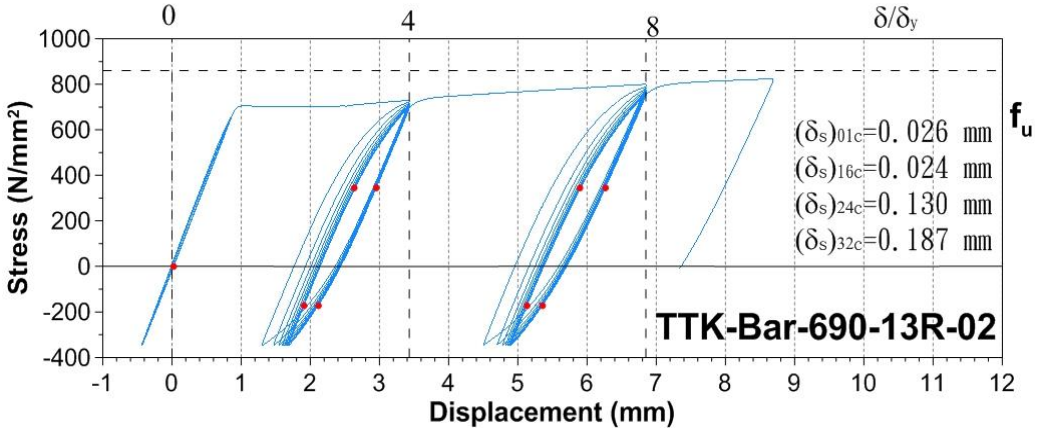


圖 B.2.9.31 試體 TTK-Bar-690-13R-02 載重位移曲線圖

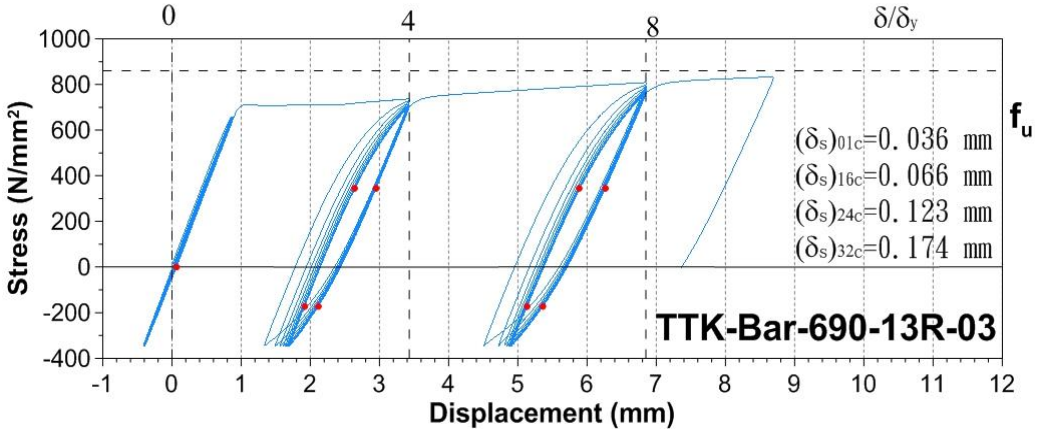


圖 B.2.9.32 試體 TTK-Bar-690-13R-03 載重位移曲線圖

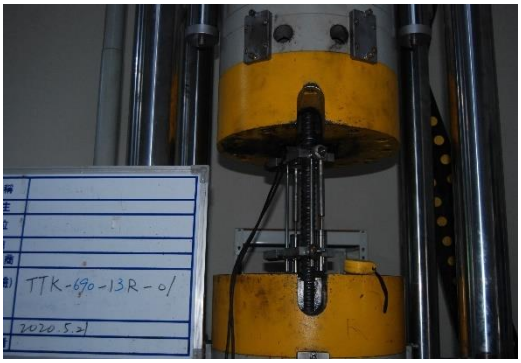


圖 B.2.9.33
試體 TTK-Bar-690-13R-001
實驗照片

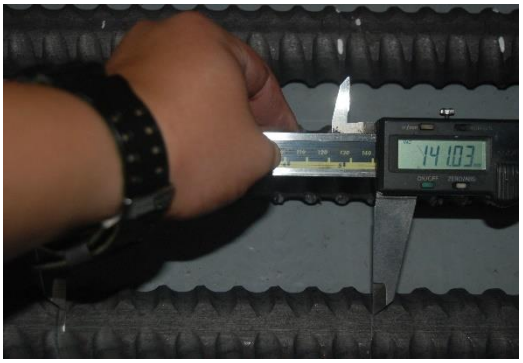


圖 B.2.9.34
試體 TTK-Bar-690-13R-001
實驗照片

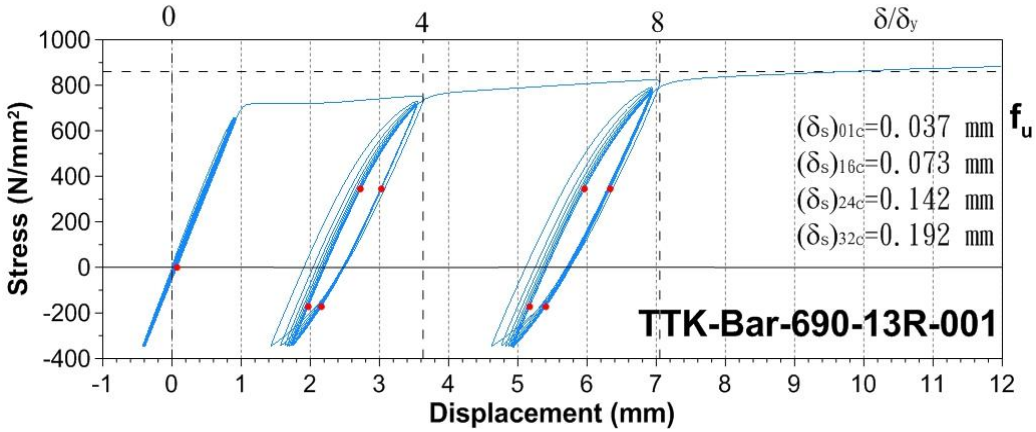


圖 B.2.9.35 試體 TTK-Bar-690-13R-001 載重位移曲線圖

B.2.10 同軸度試驗照片

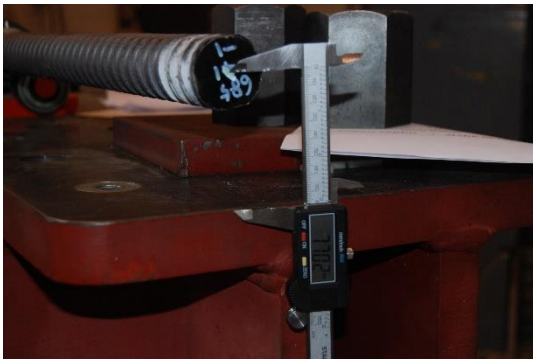


圖 B.2.10.1 同軸度實驗照片



圖 B.2.10.2 同軸度實驗照片

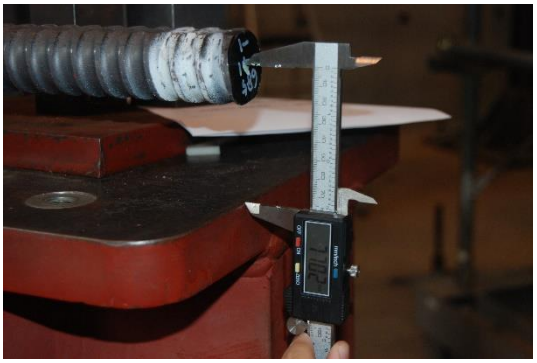


圖 B.2.10.3 同軸度實驗照片

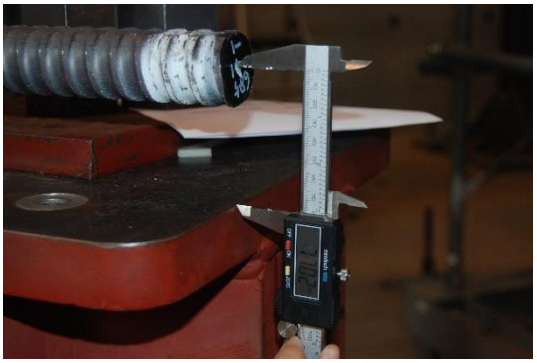


圖 B.2.10.4 同軸度實驗照片



圖 B.2.10.5 同軸度實驗照片



圖 B.2.10.6 同軸度實驗照片

B.3 SD690 螺紋節鋼筋續接組件試驗(#10)

供料廠商：東和鋼鐵
取樣編號：TH-SJ-690-10R

續接器組件及母材試驗報告

B.3.1 高塑性反復負載試驗目的

為 SD690 鋼筋可以成為新材料新工法用鋼筋，需要一個官方統一版本的續接器性能合格標準。儘管目前我國已有一套較美日更嚴謹的機械式續接檢驗和合格標準，但不適用較高強度鋼筋，需要補充實驗研究調整機械式續接的檢驗和合格標準，使新版規範更趨完備嚴謹。

B.3.2 高塑性反復負載試驗試體

此次高塑性反復負載試驗試體包含 SD690-10R 以表 B.3.2.1 表示。

表 B.3.2.1 續接器試體一覽表

試體編號	續接形式	續接鋼筋
TH-SJ Bar-690-10R-01	母材鋼筋	SD690 D32 螺紋節
TH-SJ-690-10R-01	螺紋節鋼筋續接器	SD690 D32 螺紋節
TH-SJ-690-10R-02	螺紋節鋼筋續接器	SD690 D32 螺紋節
TH-SJ-690-10R-03	螺紋節鋼筋續接器	SD690 D32 螺紋節

B.3.3 高塑性反復負載試體製作

(1)鋼筋

採用螺紋節鋼筋 SD690-D32

(2)續接器

採用東和鋼鐵出產之螺紋節鋼筋續接器。

(https://www.tunghosteel.com/)

(3)填充材

填充材抗壓強度以表 B.3.3.1 表示，砂漿試體如下圖表示。

表 B.3.3.1

壓縮試驗-試體編號	填充材壓縮強度-N/mm^2
試體-1	77.5
試體-2	63.8
試體-3	67.4
試體-4	70.7
試體-5	82.1
試體-6	70.2
平均	71.9



圖 B.3.3.1



圖 B.3.3.2

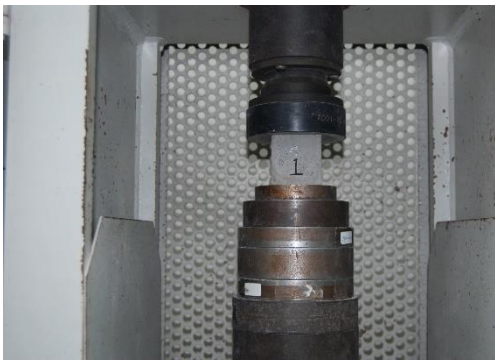


圖 B.3.3.3



圖 B.3.3.4

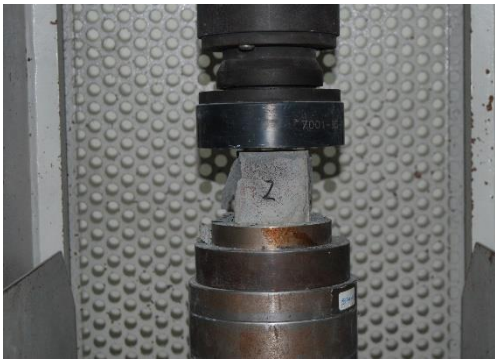


圖 B.3.3.5



圖 B.3.3.6



圖 B.3.3.7



圖 B.3.3.8

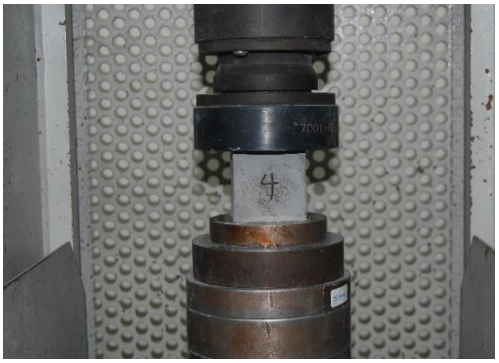


圖 B.3.3.9



圖 B.3.3.10



圖 2.4.3.11



圖 2.4.3.12

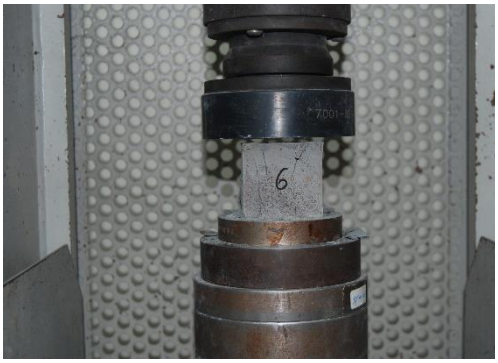


圖 B.3.3.13



圖 B.3.3.14

B.3.4 高塑性反復負載試驗方法

本試驗規劃各項試驗參考 CNS 15560，並擬定新規範辦理用以適用於 490 MPa 以上之鋼種，其允收標準以表 B.3.4.1 表示。試驗裝置及加載程序如圖 B.3.4.2 及圖 B.3.4.3 表示。

表 B.3.4.1 各級續接器允收標準

試驗項目	加載程序	指標	合格標準		
			第三類 (SA 級)	第二類 (A 級)	第一類 (B 級)
高塑性反復負載試驗	$0\rightarrow(0.95P_y \leftrightarrow -0.5P_y)\times16$ 回 $\rightarrow(n\delta_y \leftrightarrow -0.5P_y)\times8$ 回 $\rightarrow(2n\delta_y \leftrightarrow -0.5P_y)\times8$ 回→拉至破壞[2]	抗拉強度	$\geq 1.25f_y$ 且 $\geq f_u$	$\geq 1.25f_y$ 且 $\geq f_u$	不適用
		滑動量 $(\delta_s)_{16c}-(\delta_s)_{1c}$	≤ 0.3 mm	≤ 0.3 mm	不適用
		滑動量 $(\delta_s)_{24c}$	≤ 0.9 mm	≤ 0.9 mm	不適用
		滑動量 $(\delta_s)_{32c}$	≤ 1.8 mm	不適用	不適用
		續接處外鋼筋之伸長率[1]	≥9%，鋼筋尺度 D32 以下	≥ 4%	不適用
			≥6%，鋼筋尺度 D36 以上		

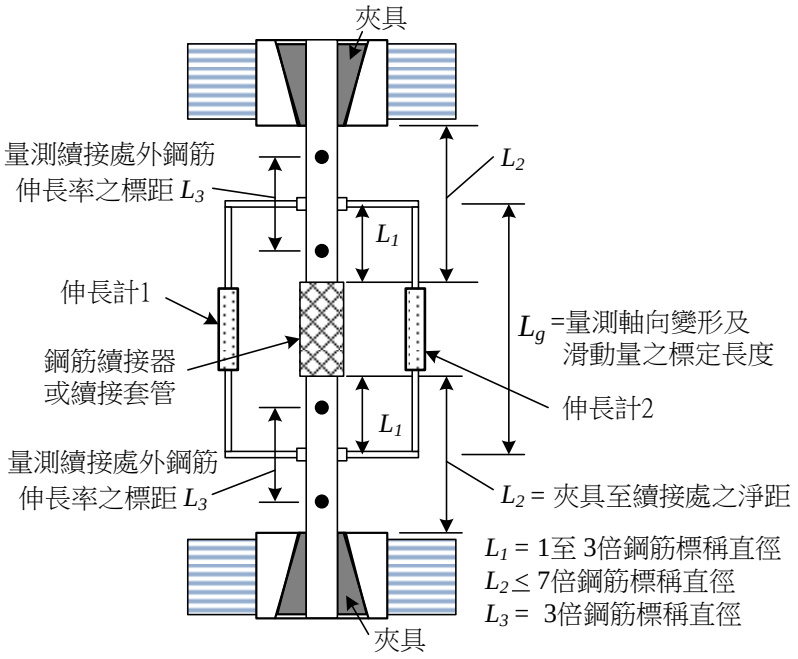
[1]續接處外兩側鋼筋伸長率之較大值。

[2]第二類(A 級)完成 24 回後可拉至破壞；

fy≤4,200 kgf/cm2 [420 MPa]之鋼筋，塑性倍率 n=6；

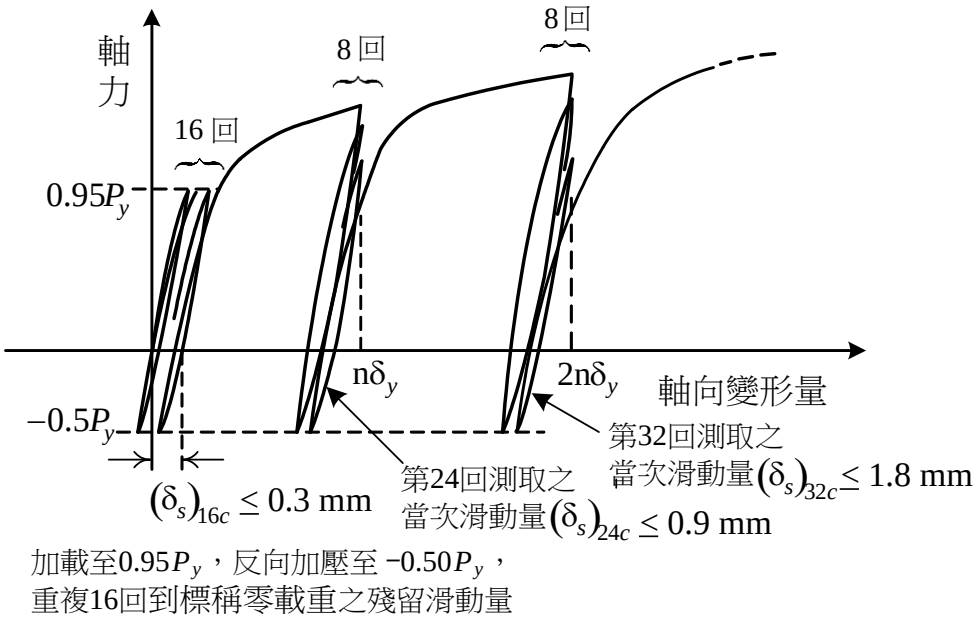
fy=5,600 kgf/cm2 [550 MPa]之鋼筋，塑性倍率 n=5；

fy=7,000 kgf/cm2 [690 MPa]之鋼筋，塑性倍率 n=4。



B.3.4.2 試驗裝置圖　　單位:mm

試體編號	d_b	續接器長度 L_c	伸長計夾距 L_g	伸長率標距 L_3	淨距 L_2
TH-SJ Bar-690-10R-01	32.2	0	194	97	
TH-SJ-690-10R-01	32.2	260	453	97	167
TH-SJ-690-10R-02	32.2	260	453	97	167
TH-SJ-690-10R-03	32.2	260	453	97	167



加載至0.95P_y，反向加壓至 −0.50P_y，
重複16回到標稱零載重之殘留滑動量

圖 B.3.4.3 試驗加載程序

B.3.5 高塑性反復負載試驗結果

試體編號	抗拉強度	滑動量 $(\delta_s)_{16c}-(\delta_s)_{1c}$	滑動量 $(\delta_s)_{24c}$	滑動量 $(\delta_s)_{32c}$	伸長率*	判定
	≥ 860MPa	≤ 0.3mm	≤ 0.9mm	≤ 1.8mm		
TH-SJ-690-10R-01	958	0.310−0.209 =0.101	0.382	0.628	17	SA
TH-SJ-690-10R-02	958	0.297−0.185 =0.112	0.449	0.684	19	SA
TH-SJ-690-10R-03	949	0.297−0.207 =0.090	0.390	0.604	15	SA

*續接處外兩側鋼筋伸長率之較大值。SA 級≥9%(D32 以下) or 6%(D36 以上)；A 級≥4%；B 級≥2%。

未特別註記表示伸長率標距內斷筋

B.3.6 同軸度試驗目的

在施作續接器高塑性反復負載試驗時，常因被續接鋼筋與續接器軸度不同產生歪斜之情況，此現象極有可能造成施作續接器高塑性反復負載試驗時發生挫屈現象，使試體成為無效數據，若此不同軸度發生於施工現場將使結構物中續接器在未達其強度前即發生挫屈現象進而失去穩定，無法使續接器成功發揮其作用，為使續接器實驗在此方面更而完整，本次試驗擬訂此同軸度試驗用以在進行強度試驗前即排除不良試體，使試驗更趨於有效化並在有限的資源及時間下進行高塑性反復負載試驗。

B.3.7 同軸度試驗方法

將續接器組件測量如圖 B.3.7.1，並計算其最大斜率。

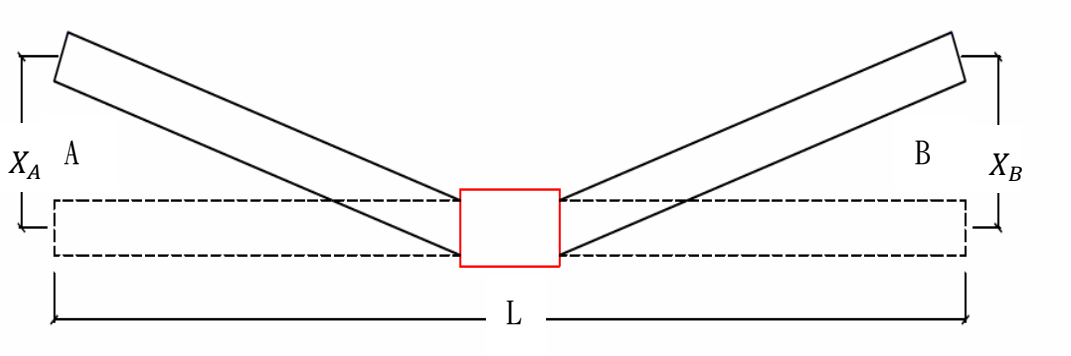


圖 B.3.7.1

B.3.8 同軸度試驗結果

試體編號	X_A(mm)	X_B(mm)	L(mm)	斜率 (1/同軸度)
TH-SJ-690-10R-01	6.88	6.29	997	72
TH-SJ-690-10R-02	3.53	7.41	1000	68
TH-SJ-690-10R-03	5.15	4.79	1009	198

B.3.9 高塑性反復負載試體照片

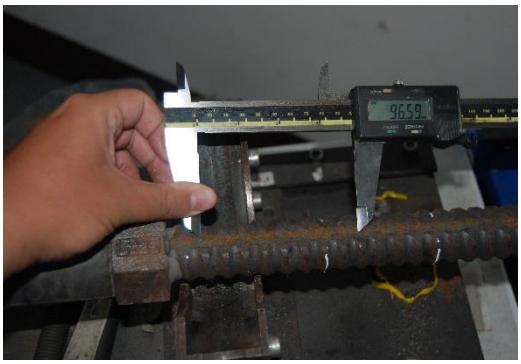


圖 B.3.9.01
試體 TH-SJ-690-10R-01
實驗照片

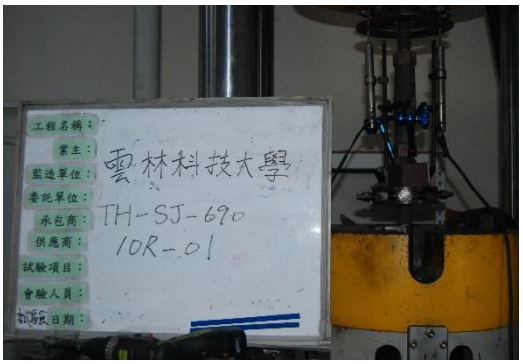


圖 B.3.9.02
試體 TH-SJ-690-10R-01
實驗照片

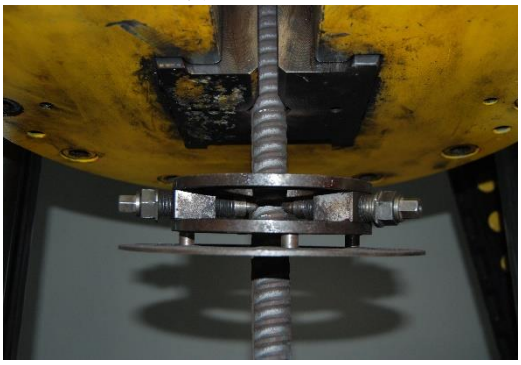


圖 B.3.9.03
試體 TH-SJ-690-10R-01
實驗照片



圖 B.3.9.04
試體 TH-SJ-690-10R-01
實驗照片

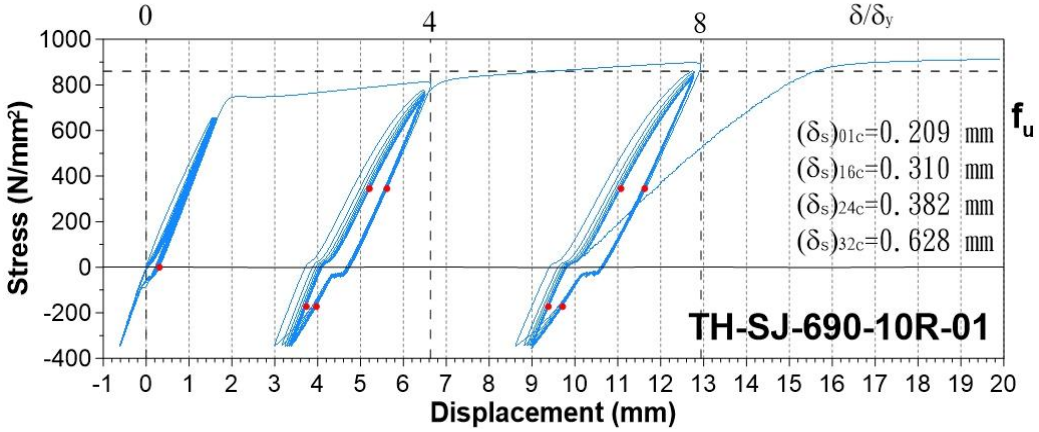


圖 B.3.9.05 試體 TH-SJ-690-10R-01 載重位移曲線圖

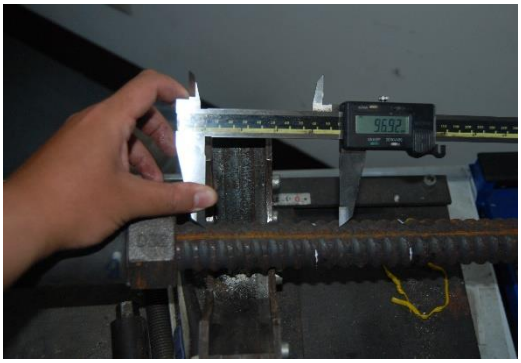


圖 B.3.9.06
試體 TH-SJ-690-10R-02
實驗照片

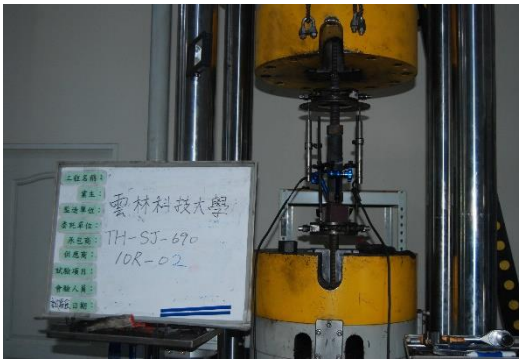


圖 B.3.9.07
試體 TH-SJ-690-10R-02
實驗照片

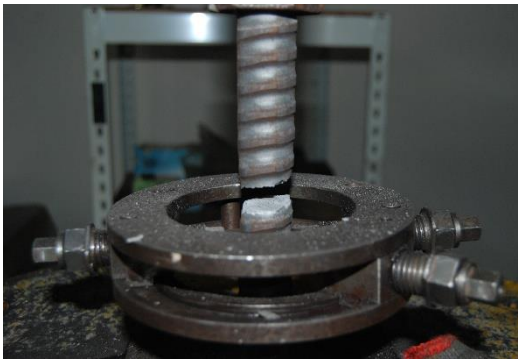


圖 B.3.9.08
試體 TH-SJ-690-10R-02
實驗照片



圖 B.3.9.09
試體 TH-SJ-690-10R-02
實驗照片

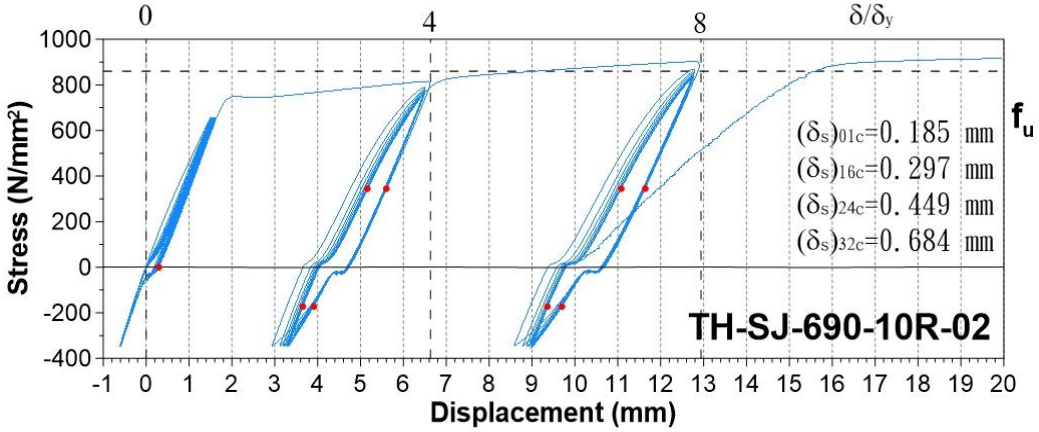


圖 B.3.9.10 試體 TH-SJ-690-10R-02 載重位移曲線圖

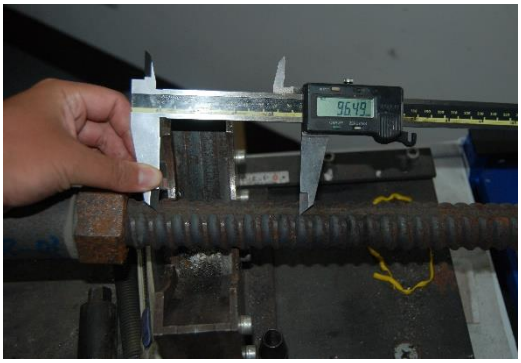


圖 B.3.9.11
試體 TH-SJ-690-10R-03
實驗照片

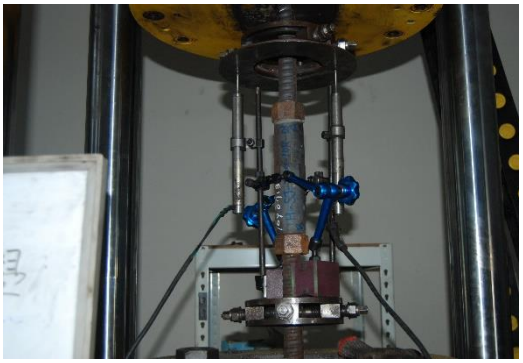


圖 B.3.9.12
試體 TH-SJ-690-10R-03
實驗照片

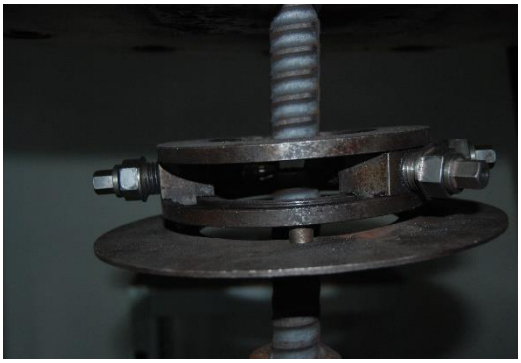


圖 B.3.9.13
試體 TH-SJ-690-10R-03
實驗照片



圖 B.3.9.14
試體 TH-SJ-690-10R-03
實驗照片

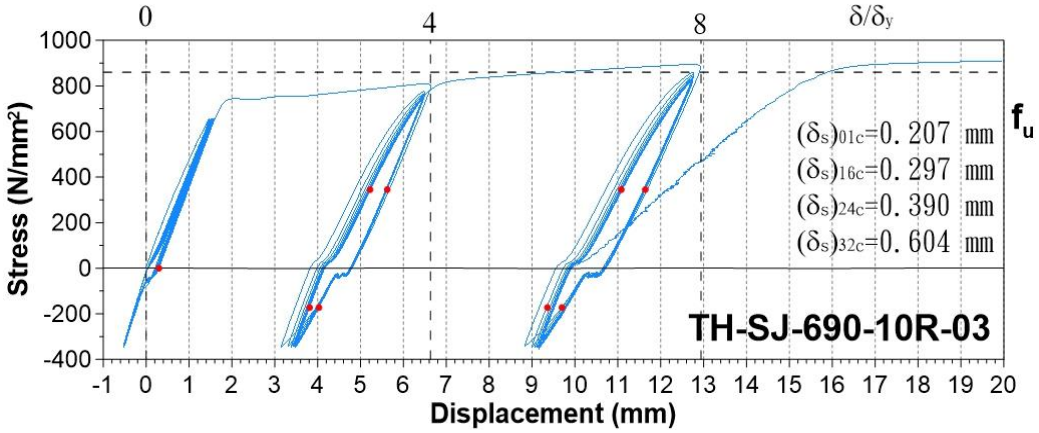


圖 B.3.9.15 試體 TH-SJ-690-10R-03 載重位移曲線圖

B.3.10 同軸度試驗照片

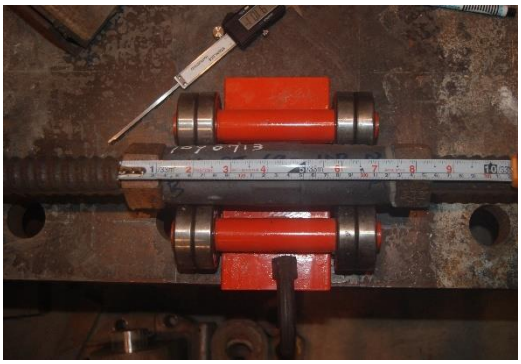


圖 B.3.10.01 同軸度實驗照片



圖 B.3.10.02 同軸度實驗照片



圖 B.3.10.03 同軸度實驗照片



圖 B.3.10.04 同軸度實驗照片

B.4 SD690 螺紋節鋼筋續接組件試驗(#10)

供料廠商：潤弘精密工程股份有限公司
取樣編號：RTK-SJ-690-10R
續接器組件及母材試驗報告

B.4.1 高塑性反復負載試驗目的

為 SD690 鋼筋可以成為新材料新工法用鋼筋，需要一個官方統一版本的續接器性能合格標準。儘管目前我國已有一套較美日更嚴謹的機械式續接檢驗和合格標準，但不適用較高強度鋼筋，需要補充實驗研究調整機械式續接的檢驗和合格標準，使新版規範更趨完備嚴謹。

B.4.2 高塑性反復負載試驗試體

此次高塑性反復負載試驗試體包含 RTK--SJ690-10R 以表 B.4.2.1 表示。

表 B.4.2.1 續接器試體一覽表

試體編號	續接形式	續接鋼筋
SJ-01	螺紋節鋼筋續接器	SD690 D32 螺紋節
SJ-02	螺紋節鋼筋續接器	SD690 D32 螺紋節
SJ-03	螺紋節鋼筋續接器	SD690 D32 螺紋節
SJ-04	螺紋節鋼筋續接器	SD690 D32 螺紋節
SJ-05	螺紋節鋼筋續接器	SD690 D32 螺紋節

B.4.3 高塑性反復負載試體製作

(1)鋼筋

採用螺紋節鋼筋 SD690-D32

(2)續接器

採用潤弘精密工程股份有限公司出產之螺紋節鋼筋續接器。(https://www.rtc.com.tw/)

(3)填充材

試件內砂漿填充材已於原公司實施試驗，本研究未收到資料結果。

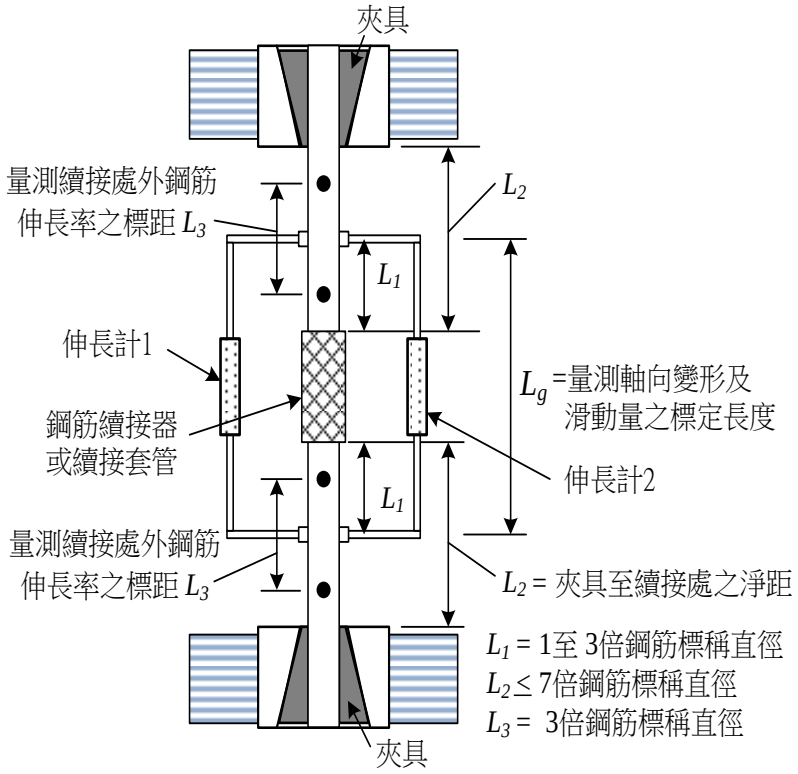
B.4.4 高塑性反復負載試驗方法

本試驗規劃各項試驗參考 CNS 15560，並擬定新規範辦理用以適用於 490 MPa 以上之鋼種，其允收標準以表 B.4.4.1 表示。試驗裝置及加載程序如圖 B.4.4.2 及圖 B.4.4.3 表示。

表 B.4.4.1 各級續接器允收標準

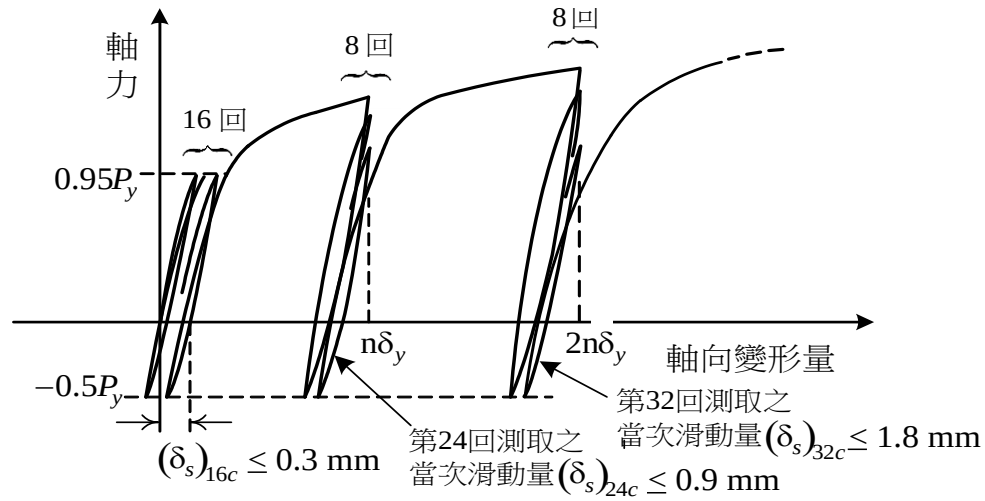
試驗項目	加載程序	指標	合格標準		
			第三類 (SA 級)	第二類 (A 級)	第一類 (B 級)
高塑性反復負載試驗	$0\rightarrow(0.95P_y \leftrightarrow -0.5P_y)\times16$ 回 $\rightarrow(6\delta_y \leftrightarrow -0.5P_y)\times8$ 回 $\rightarrow(12\delta_y \leftrightarrow -0.5P_y)\times8$ 回→拉至破壞[2]	抗拉強度	$\geq 1.25f_y$ 且 $\geq f_u$	$\geq 1.25f_y$ 且 $\geq f_u$	不適用
		滑動量 $(\delta_s)_{16c}-(\delta_s)_{1c}$	≤ 0.3 mm	≤ 0.3 mm	不適用
		滑動量 $(\delta_s)_{24c}$	≤ 0.9 mm	≤ 0.9 mm	不適用
		滑動量 $(\delta_s)_{32c}$	≤ 1.8 mm	不適用	不適用
		續接處外鋼筋之伸長率[1]	≥9%，鋼筋尺度 D32 以下	≥ 4%	不適用
			≥6%，鋼筋尺度 D36 以上		

[1]續接處外兩側鋼筋伸長率之較大值。



B.4.4.2 試驗裝置圖　　單位:mm

試體編號	d_b	續接器長度 L_c	伸長計夾距 L_g	伸長率標距 L_3	淨距 L_2
SJ-01	32.2	255	448.2	97	167
SJ-02	32.2	255	448.2	97	167
SJ-03	32.2	255	448.2	97	167
SJ-04	32.2	255	448.2	97	167
SJ-05	32.2	255	448.2	97	167



加載至0.95P_y，反向加壓至 −0.50P_y，
重複16回到標稱零載重之殘留滑動量

圖 B.4.4.3 試驗加載程序

B.4.5 高塑性反復負載試驗結果

試體編號	抗拉強度	滑動量 $(\delta_s)_{16c}-(\delta_s)_{1c}$	滑動量 $(\delta_s)_{24c}$	滑動量 $(\delta_s)_{32c}$	伸長率*	判定
	≥ 860MPa	≤ 0.3mm	≤ 0.9mm	≤ 1.8mm		
SJ-01	924	母材鋼筋挫屈視為無效試件				
SJ-02	924					
SJ-03	922	0.412−0.288 =0.123	0.492	0.732	10	SA
SJ-04	917	0.336−0.171 =0.165	0.488	0.728	14	SA
SJ-05	920	0.244−0.142 0.102	0.585	0.829	13	SA

*續接處外兩側鋼筋伸長率之較大值。SA 級≥9%(D32 以下)or6%(D36 以上)；A 級≥4%；B 級≥2%。

未特別註記表示伸長率標距內斷筋

B.4.6 同軸度試驗目的

在施作續接器高塑性反復負載試驗時，常因被續接鋼筋與續接器軸度不同產生歪斜之情況，此現象極有可能造成施作續接器高塑性反復負載試驗時發生挫屈現象，使試體成為無效數據，若此不同軸度發生於施工現場將使結構物中續接器在未達其強度前即發生挫屈現象進而失去穩定，無法使續接器成功發揮其作用，為使續接器實驗在此方面更而完整，本次試驗擬訂此同軸度試驗用以在進行強度試驗前即排除不良試體，使試驗更趨於有效化並在有限的資源及時間下進行高塑性反復負載試驗。

B.4.7 同軸度試驗方法

將續接器組件測量如圖 B.4.7.1，並計算其最大斜率。

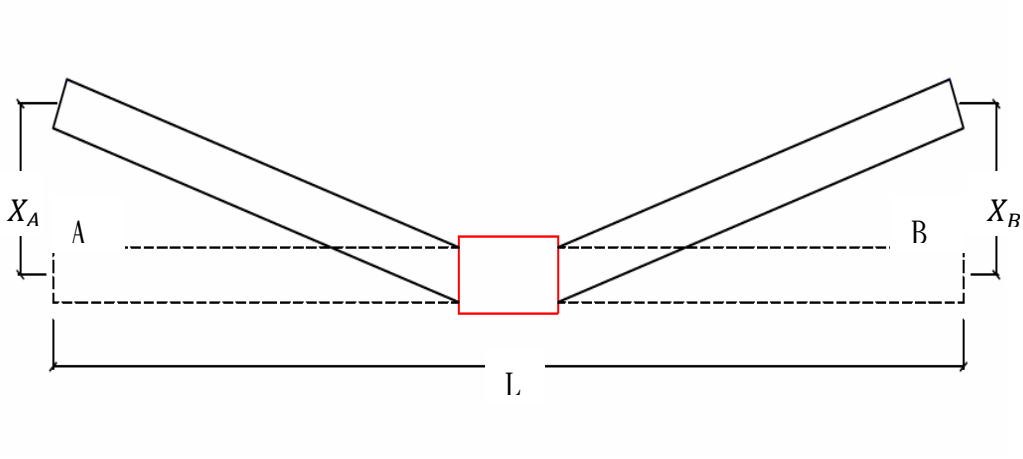


圖 B.4.7.1

B.4.8 同軸度試驗結果

試體編號	X_A(mm)	X_B(mm)	L(mm)	斜率
SJ-01	此組試驗未進行同軸度試驗			
SJ-02				
SJ-03				
SJ-04				
SJ-05				
SJ-01				

B.4.9 高塑性反復負載試體照片



圖 B.4.9.01
試體 SJ-01
實驗照片

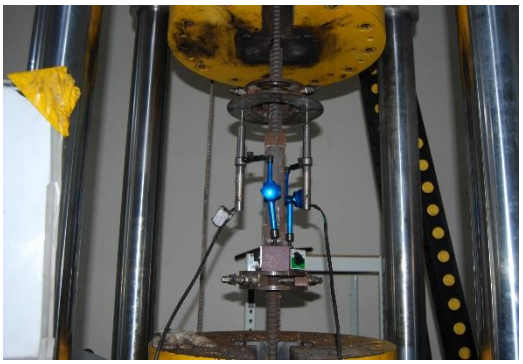


圖 B.4.9.02
試體 SJ-01
實驗照片

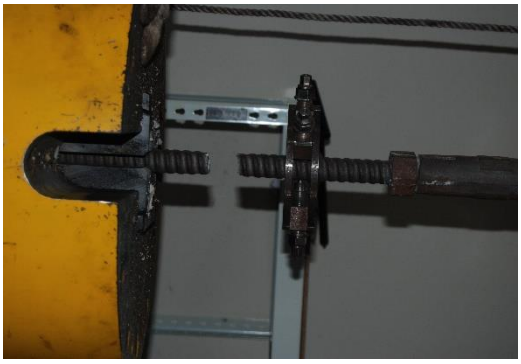


圖 B.4.9.03
試體 SJ-01
實驗照片

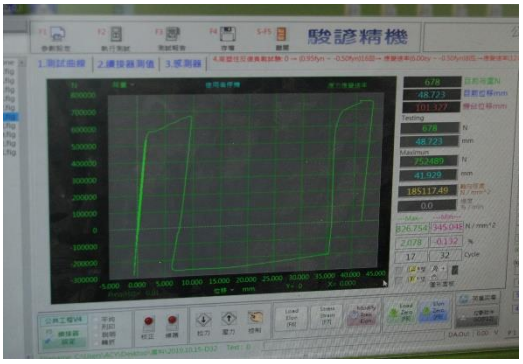


圖 B.4.9.04
試體 SJ-01
實驗照片



圖 B.4.9.05
試體 SJ-02
實驗照片

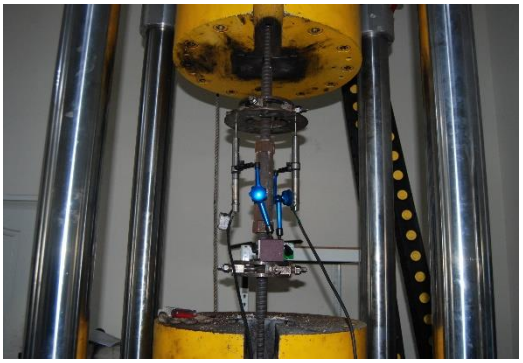


圖 B.4.9.06
試體 SJ-02
實驗照片

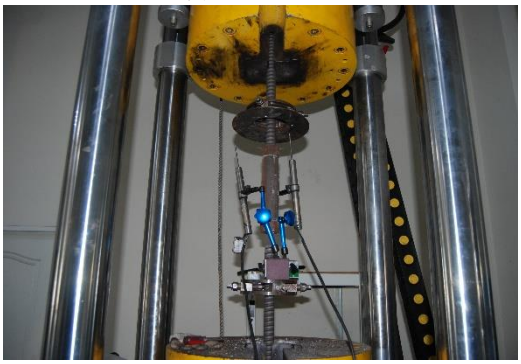


圖 B.4.9.07
試體 SJ-02
實驗照片



圖 B.4.9.08
試體 SJ-02
實驗照片



圖 B.4.9.09
試體 SJ-03
實驗照片



圖 B.4.9.10
試體 SJ-03
實驗照片

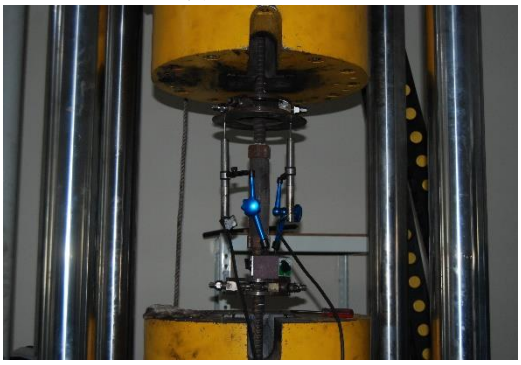


圖 B.4.9.11
試體 SJ-03
實驗照片

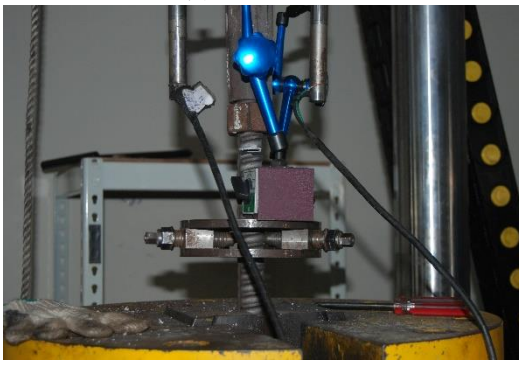


圖 B.4.9.12
試體 SJ-03
實驗照片

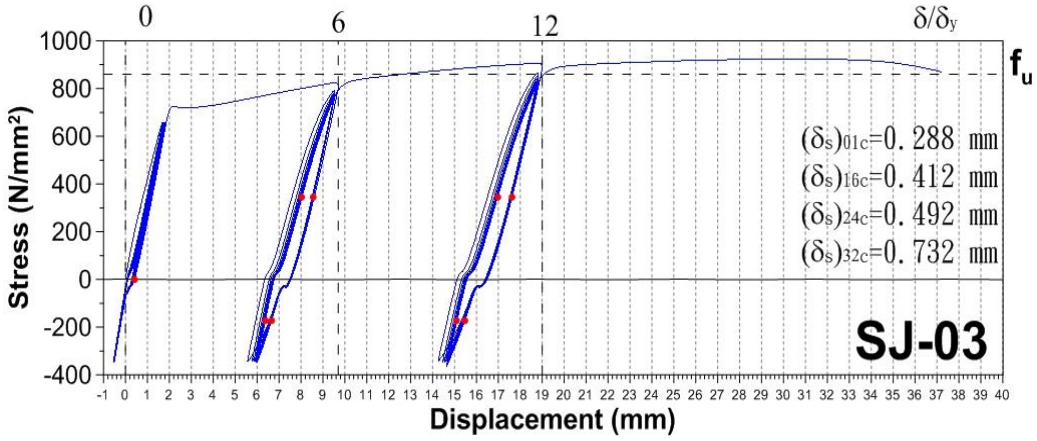


圖 B.4.9.13 試體 SJ-03 載重位移曲線圖

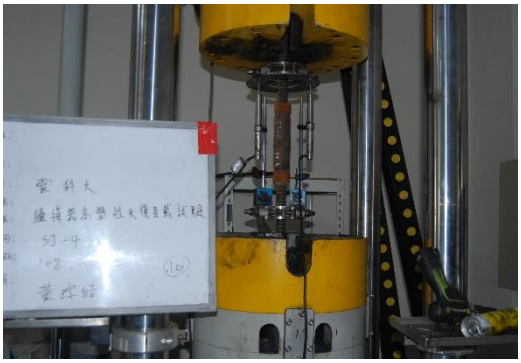


圖 B.4.9.14
試體 SJ-04
實驗照片



圖 B.4.9.15
試體 SJ-04
實驗照片



圖 B.4.9.16
試體 SJ-04
實驗照片



圖 B.4.9.17
試體 SJ-04
實驗照片

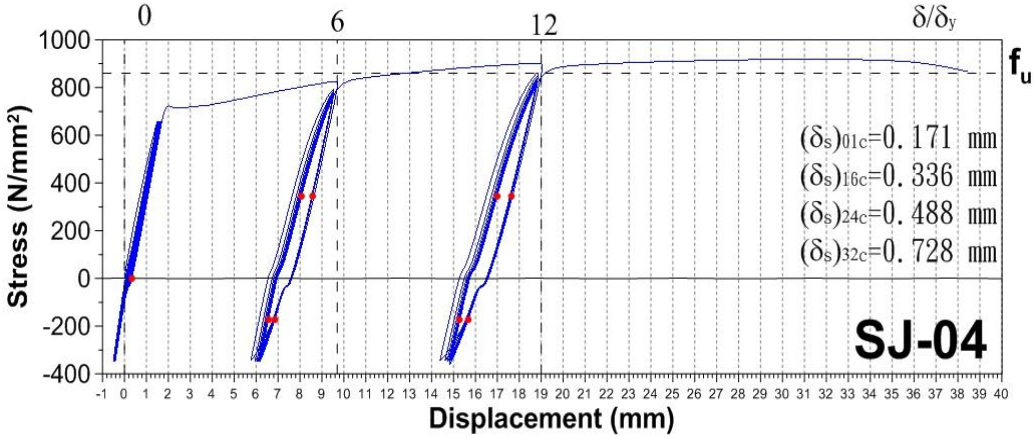


圖 B.4.9.18 試體 SJ-04 載重位移曲線圖

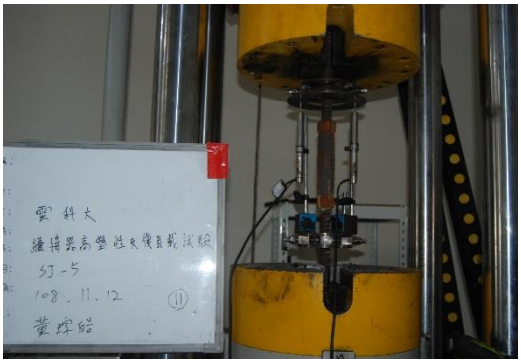


圖 B.4.9.19
試體 SJ-05
實驗照片

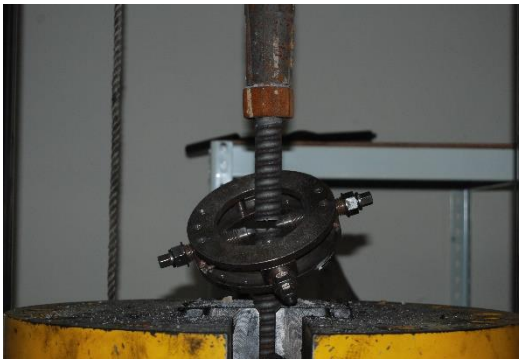


圖 B.4.9.20
試體 SJ-05
實驗照片



圖 B.4.9.21
試體 SJ-05
實驗照片

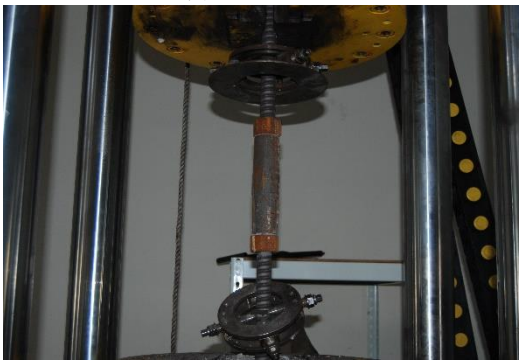


圖 B.4.9.22
試體 SJ-05
實驗照片

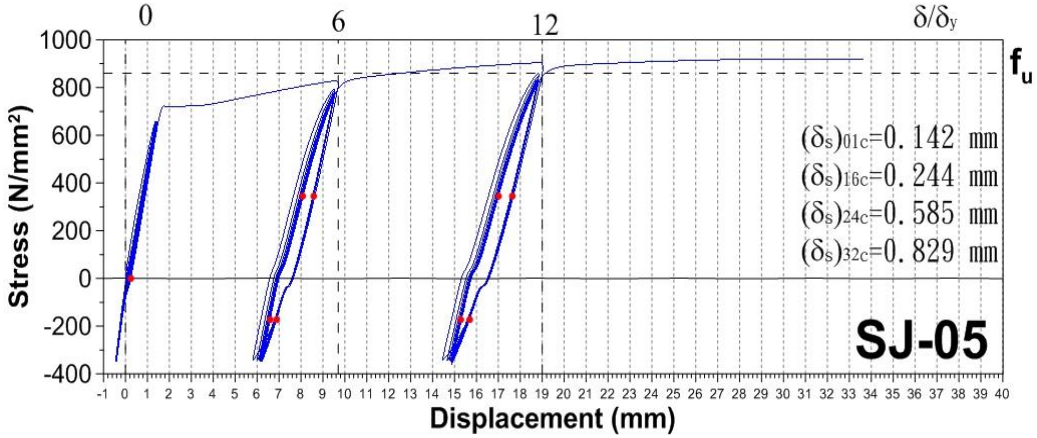


圖 B.4.9.23 試體 SJ-05 載重位移曲線圖

B.5 SD690 砂漿充填式續接套管試驗(日本製#13)

供料廠商：東京鉄鋼株式會社

取樣編號：TTK-Tops-690-13R

續接器組件及母材試驗報告

B.5.1 高塑性反復負載試驗目的

為 SD690 鋼筋可以成為新材料新工法用鋼筋，需要一個官方統一版本的續接器性能合格標準。儘管目前我國已有一套較美日更嚴謹的機械式續接檢驗和合格標準，但不適用較高強度鋼筋，需要補充實驗研究調整機械式續接的檢驗和合格標準，使新版規範更趨完備嚴謹。

B.5.2 高塑性反復負載試驗試體

此次高塑性反復負載試驗試體包含 TTK-690-13R 以表 B.5.2.1 表示。

表 B.5.2.1 續接器試體一覽表

試體編號	續接形式	續接鋼筋
TTK-Bar-690-13R-01	母材鋼筋	USD690 D41 螺紋節
TTK-Bar-690-13R-02	母材鋼筋	USD690 D41 螺紋節
TTK-Bar-690-13R-03	母材鋼筋	USD690 D41 螺紋節
TTK-Tops-690-13R-01	砂漿填充續接套管續接器	USD690 D41 螺紋節
TTK-Tops-690-13R-02	砂漿填充續接套管續接器	USD690 D41 螺紋節
TTK-Tops-690-13R-03	砂漿填充續接套管續接器	USD690 D41 螺紋節
TTK-Tops-690-13R-04	砂漿填充續接套管續接器	USD690 D41 螺紋節
TTK-Tops-690-13R-05	砂漿填充續接套管續接器	USD690 D41 螺紋節
TTK-Tops-690-13R-06	砂漿填充續接套管續接器	USD690 D41 螺紋節
TTK-Bar-690-13R-001	母材鋼筋	USD690 D41 螺紋節
TTK-Tops-690-13R-001	砂漿填充續接套管續接器	USD690 D41 螺紋節
TTK-Tops-690-13R-002	砂漿填充續接套管續接器	USD690 D41 螺紋節
TTK-Tops-690-13R-003	砂漿填充續接套管續接器	USD690 D41 螺紋節
TTK-Tops-690-13R-004	砂漿填充續接套管續接器	USD690 D41 螺紋節
TTK-Tops-690-13R-005	砂漿填充續接套管續接器	USD690 D41 螺紋節
TTK-Tops-690-13R-006	砂漿填充續接套管續接器	USD690 D41 螺紋節

B.5.3 高塑性反復負載試體製作

(1)鋼筋

採用螺紋節鋼筋 USD690-D41

(2)續接器

採用東京鐵鋼出產之砂漿填充續接套管續接器。

(http://www.tokyotekko.co.jp/zh/index.html)

(3)填充材

使用 TTK 水泥砂漿填充材(TTK Mortar H)，管理項目如以表 B.5.3.1 表示。

表 B.5.3.1

水量	2.8L	材溫	9.8℃
氣溫	15.5℃	坍度值	230 mm X 240 mm
水溫	20.5℃	批號	MCB203
拌合後溫度	22.1℃		

B.5.4 高塑性反復負載試驗方法

本試驗規劃各項試驗參考 CNS 15560，並擬定新規範辦理用以適用於 490 MPa 以上之鋼種，其允收標準以表 B.5.4.1 表示。試驗裝置及加載程序如圖 B.5.4.2 及圖 B.5.4.3 表示。

表 B.5.4.1 各級續接器允收標準

試驗項目	加載程序	指標	合格標準		
			第三類 (SA 級)	第二類 (A 級)	第一類 (B 級)
高塑性反復負載試驗	$0\rightarrow(0.95P_y \leftrightarrow -0.5P_y)\times16$ 回 $\rightarrow(n\delta_y \leftrightarrow -0.5P_y)\times8$ 回 $\rightarrow(2n\delta_y \leftrightarrow -0.5P_y)\times8$ 回→拉至破壞[2]	抗拉強度	$\geq 1.25f_y$ 且 $\geq f_u$	$\geq 1.25f_y$ 且 $\geq f_u$	不適用
		滑動量 $(\delta_s)_{16c}-(\delta_s)_{1c}$	≤ 0.3 mm	≤ 0.3 mm	不適用
		滑動量 $(\delta_s)_{24c}$	≤ 0.9 mm	≤ 0.9 mm	不適用
		滑動量 $(\delta_s)_{32c}$	≤ 1.8 mm	不適用	不適用
		續接處外鋼筋之伸長率[1]	≥9%，鋼筋尺度 D32 以下	≥ 4%	不適用
			≥6%，鋼筋尺度 D36 以上		

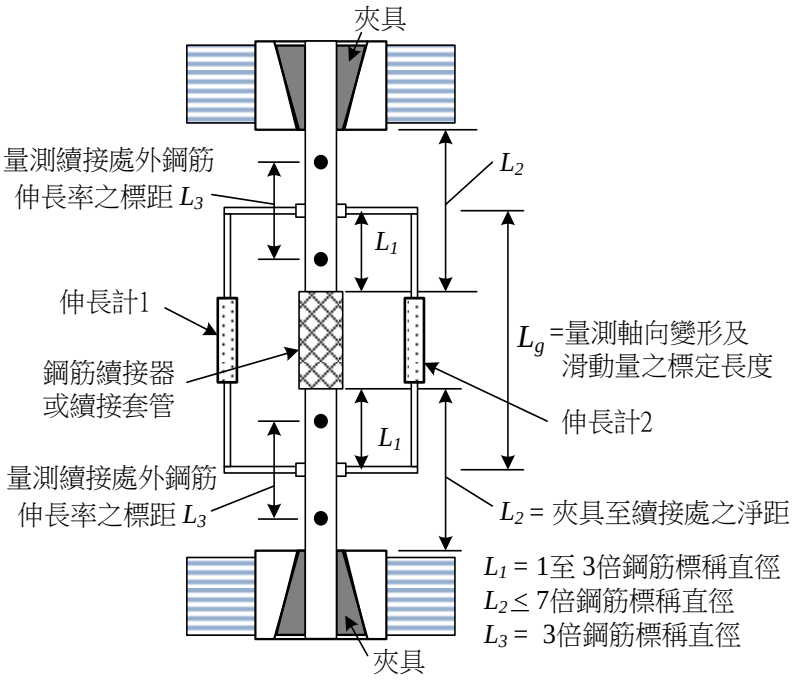
[1]續接處外兩側鋼筋伸長率之較大值。

[2]第二類(A 級)完成 24 回後可拉至破壞；

fy≤4,200 kgf/cm2 [420 MPa]之鋼筋，塑性倍率 n=6；

fy=5,600 kgf/cm2 [550 MPa]之鋼筋，塑性倍率 n=5；

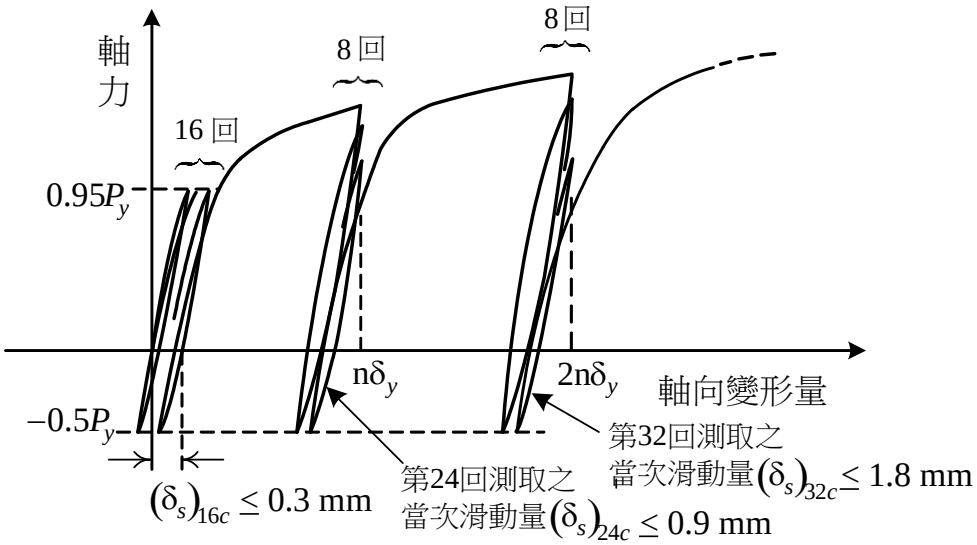
fy=7,000 kgf/cm2 [690 MPa]之鋼筋，塑性倍率 n=4。



B.5.4.2 試驗裝置圖　　單位:mm

試體編號	d_b	續接器長度 L_c	伸長計夾距 L_g	伸長率標距 L_3	淨距 L_2
TTK-Bar-690-13R-01	41.3	0	248	124	
TTK-Bar-690-13R-02	41.3	0	248	124	
TTK-Bar-690-13R-03	41.3	0	248	124	
TTK-Tops-690-13R-01	41.3	610	858	124	
TTK-Tops-690-13R-02	41.3	610	858	124	
TTK-Tops-690-13R-03	41.3	610	858	124	
TTK-Tops-690-13R-04	41.3	610	858	124	
TTK-Tops-690-13R-05	41.3	610	858	124	
TTK-Tops-690-13R-06	41.3	610	858	124	

TTK-Bar-690-13R-001	41.3	0	248	124	
TTK-Tops-690-13R-001	41.3	610	858	124	194
TTK-Tops-690-13R-002	41.3	610	858	124	194
TTK-Tops-690-13R-003	41.3	610	858	124	194
TTK-Tops-690-13R-004	41.3	610	693	41	111
TTK-Tops-690-13R-005	41.3	610	693	41	111
TTK-Tops-690-13R-006	41.3	610	693	41	111



加載至0.95P_y，反向加壓至 −0.50P_y，
重複16回到標稱零載重之殘留滑動量

圖 B.5.4.3 試驗加載程序

B.5.5 高塑性反復負載試驗結果

試體編號	抗拉強度	滑動量 $(\delta_s)_{16c} - (\delta_s)_{1c}$	滑動量 $(\delta_s)_{24c}$	滑動量 $(\delta_s)_{32c}$	伸長率*	判定
	≧ 860MPa	≦ 0.3mm	≦ 0.9mm	≦ 1.8mm		
TTK-Tops-690-13R-01	859	0.252−0.160 =0.092	0.530	N.A.	3‡	B
TTK-Tops-690-13R-05	843	0.219−0.156 =0.063	0.586	N.A.	3‡	B
TTK-Tops-690-13R-06	864	0.265−0.154 =0.111	0.555	N.A.	4‡	A
TTK-Tops-690-13R-07	857	0.203−0.183 =0.020	0.521	N.A.	4‡	B
TTK-Tops-690-13R-08	846	0.082−0.123 =−0.041	0.564	N.A.	3‡	B
TTK-Tops-690-13R-09	869	0.179−0.138 =0.041	0.510	N.A.	4‡	A
TTK-Tops-690-13R-001	860	0.006−0.038 =−0.032	0.497	N.A.	5‡	A

TTK- Tops - 690-13R-002	866	2.066−0.378 =1.688	0.398	N.A.	6‡	B
TTK- Tops - 690-13R-003	883	0.186−0.138 =0.048	0.582	N.A.	4‡	A

試體編號	抗拉強度	滑動量 $(\delta_s)_{16c} - (\delta_s)_{1c}$	滑動量 $(\delta_s)_{24c}$	滑動量 $(\delta_s)_{32c}$	伸長率*	判定
	≥ 860MP	≤ 0.3mm	≤ 0.9mm	≤ 1.8mm		
TTK-Tops-690-13R-004	890	0.238-0.119 =0.119	0.400	N.A.	8‡	A
TTK-Tops-690-13R-005	880	0.125-0.123 =0.002	0.442	N.A.	5‡	A

試體編號	抗拉強度	滑動量 $(\delta_s)_{16c}$	滑動量 $(\delta_s)_{24c}$	滑動量 $(\delta_s)_{32c}$	伸長率*
TTK-Bar-690-13R-01	930	0.100	0.134	0.186	20
TTK-Bar-690-13R-02	922	0.020	0.130	0.187	15
TTK-Bar-690-13R-03	926	0.066	0.123	0.174	15
TTK-Bar-690-13R-01	940	0.073	0.149	0.192	14

*續接處外兩側鋼筋伸長率之較大值。SA 級≥9%(D32 以下)or6%(D36 以上)；A 級≥4%；B 級≥2%。

‡拔出;未特別註記表示伸長率標距內斷筋。

B.5.6 同軸度試驗目的

在施作續接器高塑性反復負載試驗時，常因被續接鋼筋與續接器軸度不同產生歪斜之情況，此現象極有可能造成施作續接器高塑性反復負載試驗時發生挫屈現象，使試體成為無效數據，若此不同軸度發生於施工現場將使結構物中續接器在未達其強度前即發生挫屈現象進而失去穩定，無法使續接器成功發揮其作用，為使續接器實驗在此方面更而完整，本次試驗擬訂此同軸度試驗用以在進行強度試驗前即排除不良試體，使試驗更趨於有效化並在有限的資源及時間下進行高塑性反復負載試驗。

B.5.7 同軸度試驗方法

將續接器組件測量如圖 B.5.7.1，並計算其最大斜率。

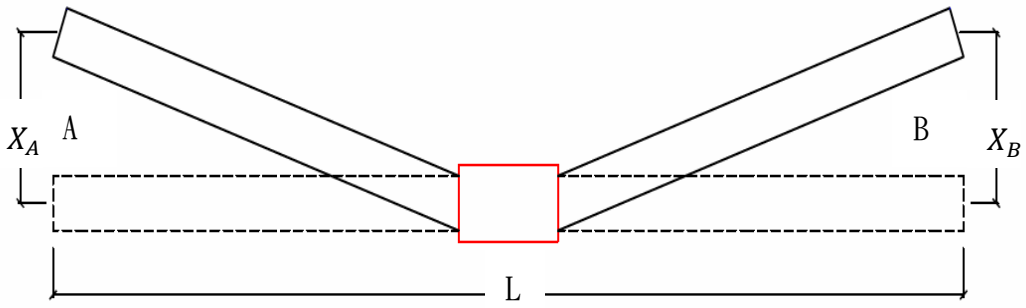


圖 B.5.7.1

B.5.8 同軸度試驗結果

試體編號	X_A(mm)	X_B(mm)	L(mm)	同軸度(1/斜率)
TTK-Tops-690-12R-001	8.3	2.5	1609	96
TTK-Tops-690-12R-002	6.2	2.8	1607	128
TTK-Tops-690-12R-003	2.7	3.7	1607	220
TTK-Tops-690-12R-004	2.3	3.6	1607	226
TTK-Tops-690-12R-005	6.8	2.0	1607	117
TTK-Tops-690-12R-006	4.8	1.1	1607	166

B.5.9 高塑性反復負載試體照片

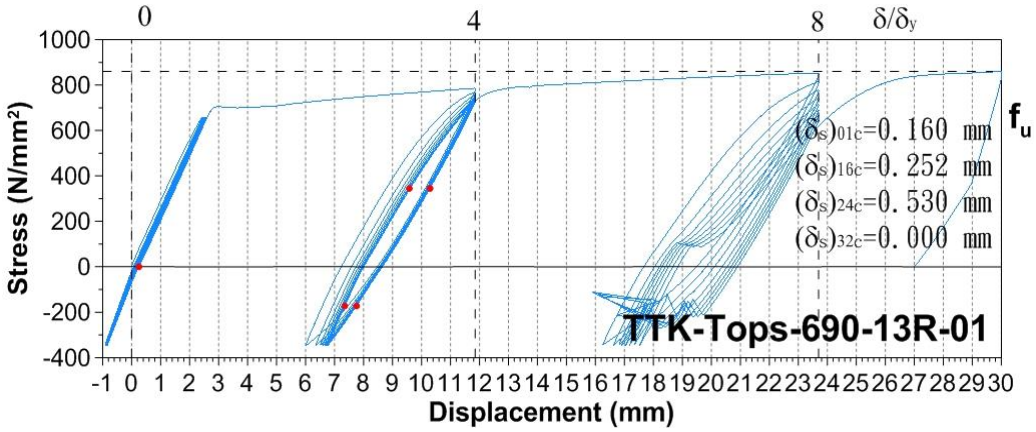


圖 B.5.9.01 試體 TTK- Tops -690-13R-01 載重位移曲線圖

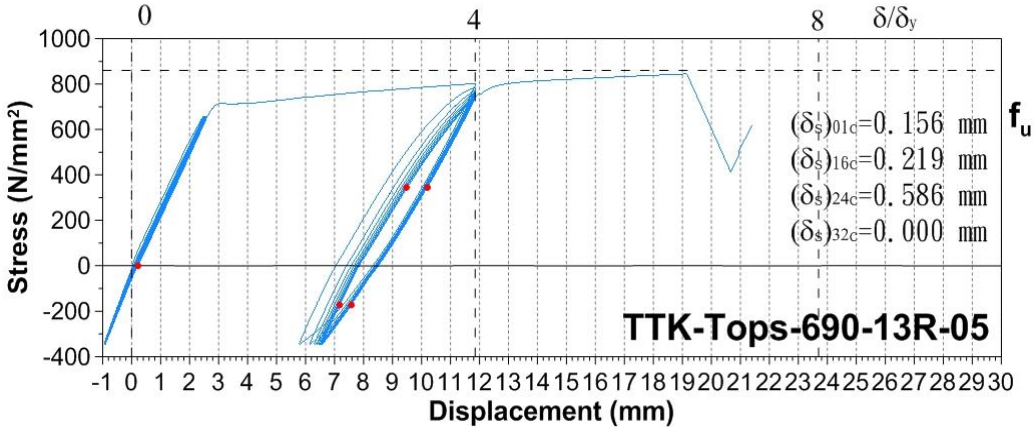


圖 B.5.9.02 試體 TTK- Tops -690-13R-05 載重位移曲線圖

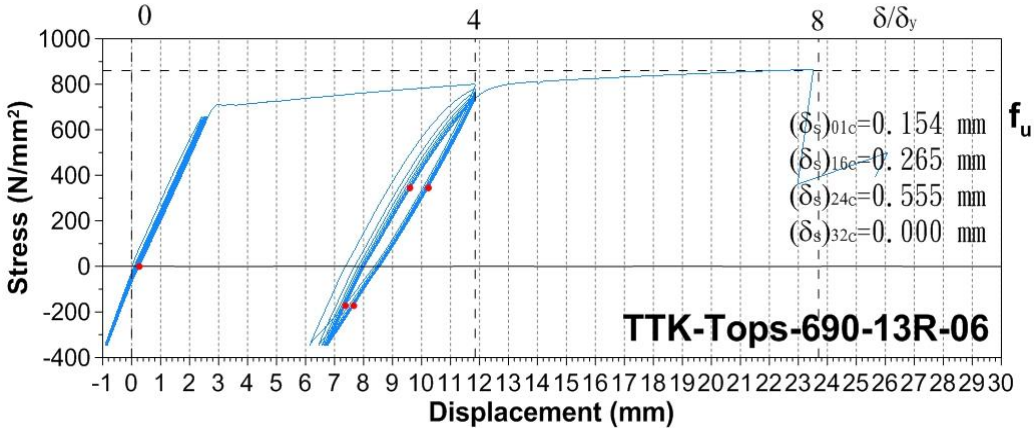


圖 B.5.9.03 試體 TTK- Tops -690-13R-06 載重位移曲線圖

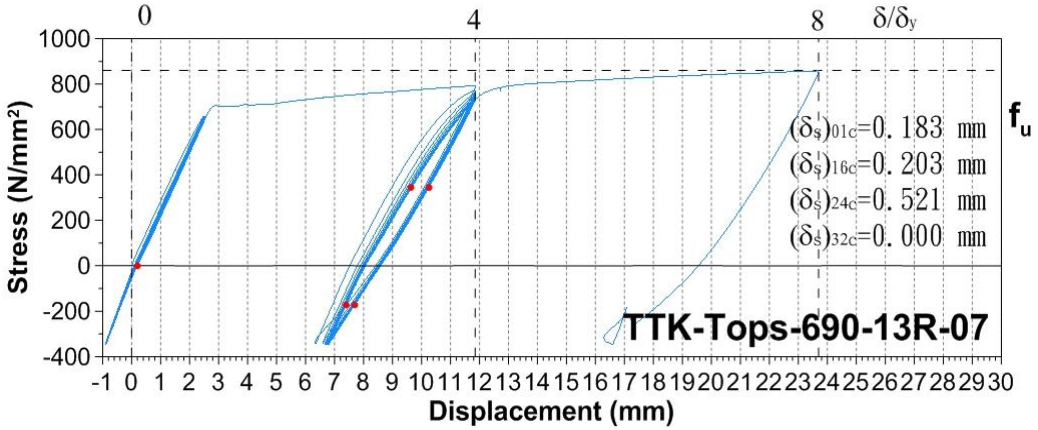


圖 B.5.9.04 試體 TTK- Tops -690-13R-07 載重位移曲線圖

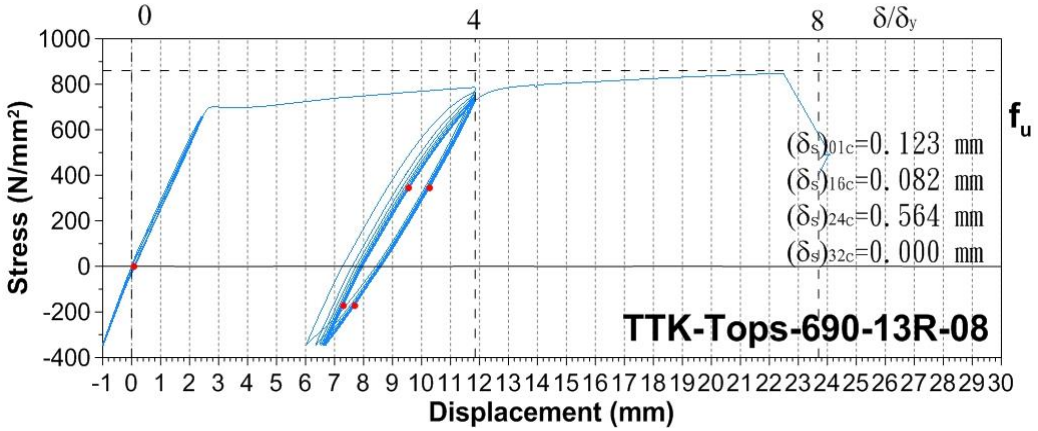


圖 B.5.9.05 試體 TTK- Tops -690-13R-08 載重位移曲線圖

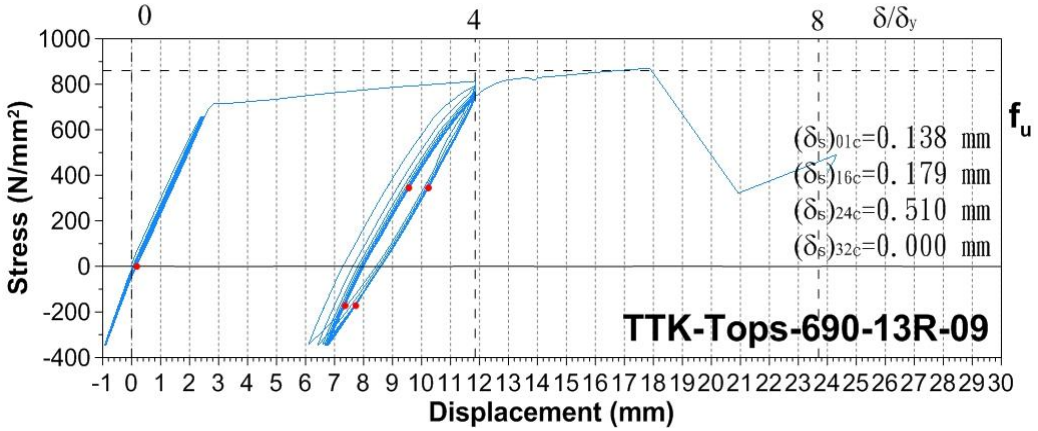


圖 B.5.9.06 試體 TTK- Tops -690-13R-09 載重位移曲線圖



圖 B.5.9.07
試體 TTK-Tops-690-13R-001
實驗照片



圖 B.5.9.08
試體 TTK-Tops-690-13R-001
實驗照片



圖 B.5.9.09
試體 TTK- Tops -690-13R-001
實驗照片



圖 B.5.9.10
試體 TTK- Tops -690-13R-001
實驗照片

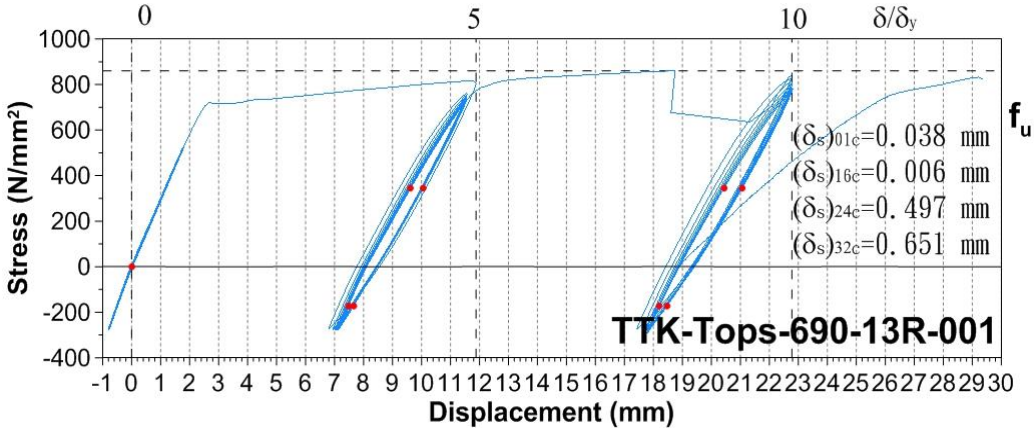


圖 B.5.9.11 試體 TTK- Tops -690-13R-001 載重位移曲線圖

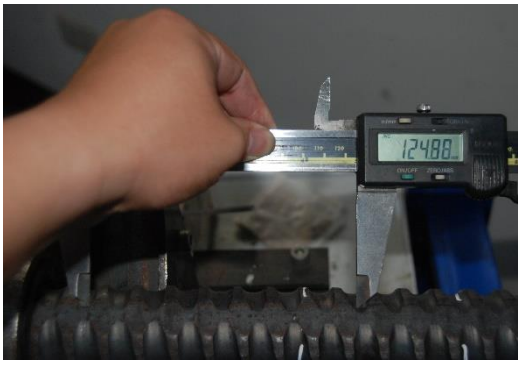


圖 B.5.9.12
試體 TTK- Tops -690-13R-002
實驗照片



圖 B.5.9.13
試體 TTK- Tops -690-13R-002
實驗照片

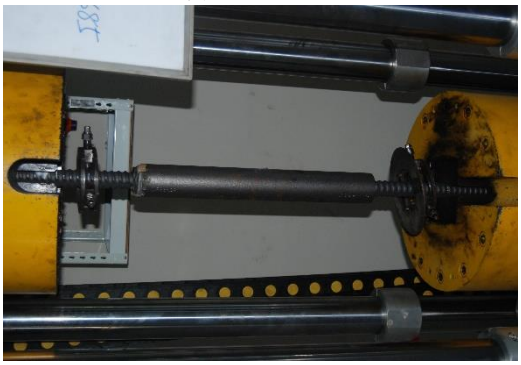


圖 B.5.9.14
試體 TTK-Tops-690-13R-002
實驗照片



圖 B.5.9.15
試體 TTK- Tops -690-13R-002
實驗照片

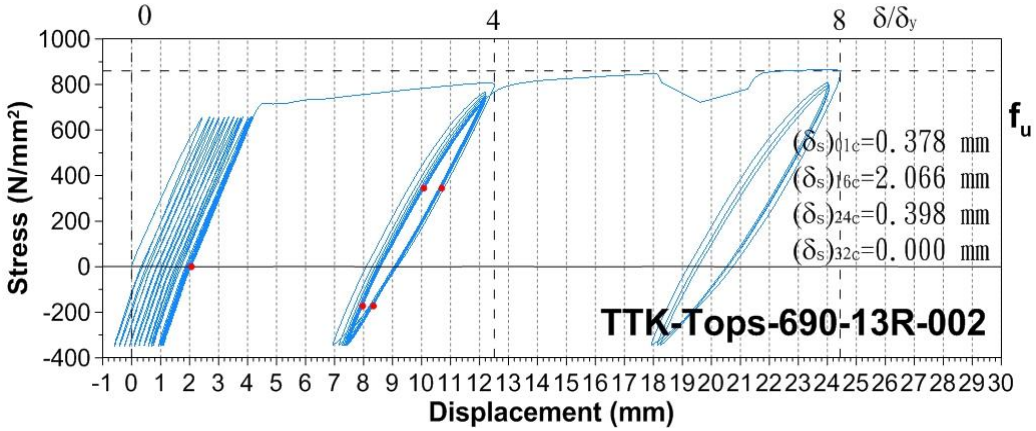


圖 B.5.9.16 試體 TTK-Tops-690-13R-002 載重位移曲線圖



圖 B.5.9.17
試體 TTK-Tops-690-13R-003
實驗照片



圖 B.5.9.18
試體 TTK-Tops-690-13R-003
實驗照片

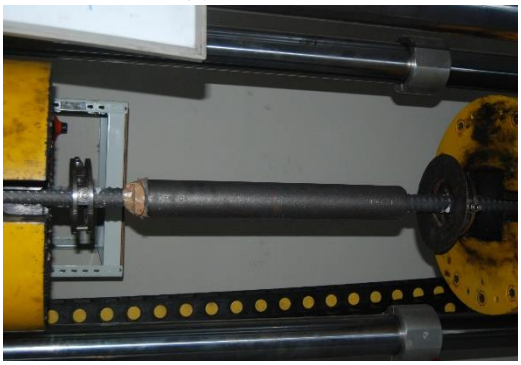


圖 B.5.9.19
試體 TTK-Tops-690-13R-003
實驗照片



圖 B.5.9.20
試體 TTK-Tops-690-13R-003
實驗照片

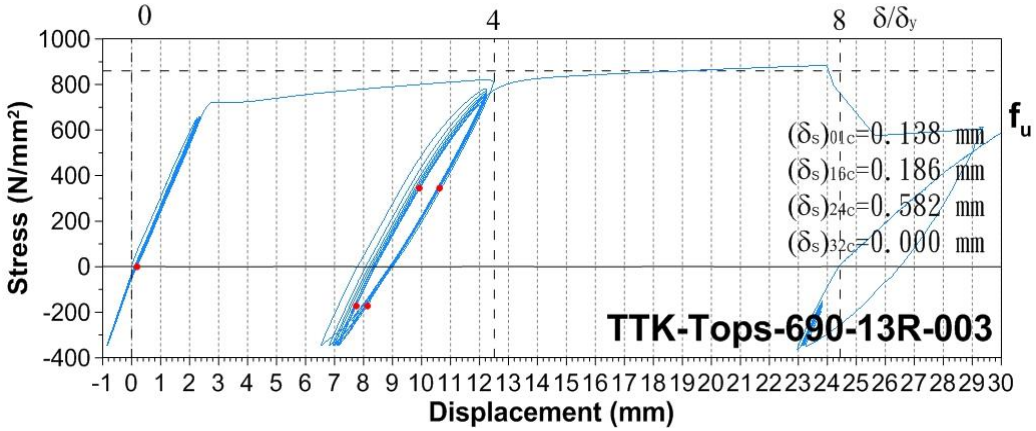


圖 B.5.9.21 試體 TTK-Tops-690-13R-003 載重位移曲線圖

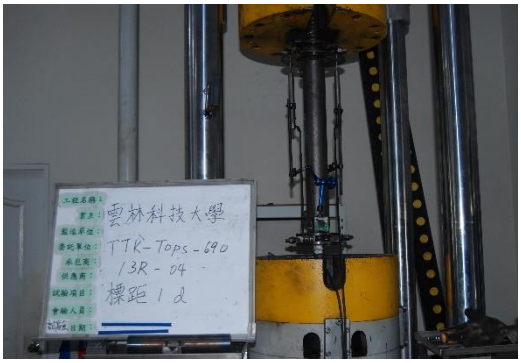


圖 B.5.9.22
試體 TTK-Tops-690-13R-004
實驗照片



圖 B.5.9.23
試體 TTK-Tops-690-13R-004
實驗照片

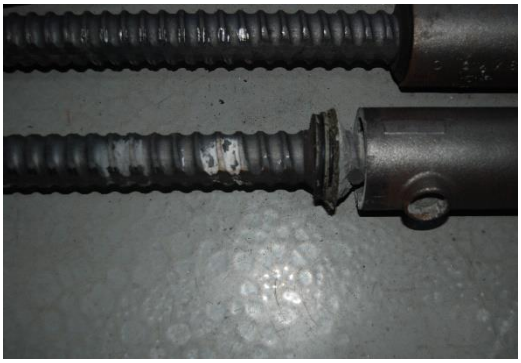


圖 B.5.9.24
試體 TTK-Tops-690-13R-004
實驗照片



圖 B.5.9.25
試體 TTK-Tops-690-13R-004
實驗照片

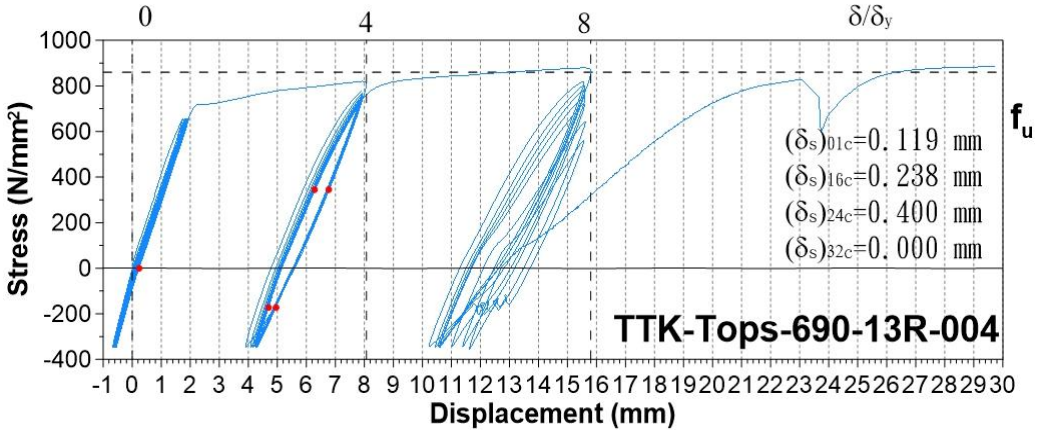


圖 B.5.9.26 試體 TTK-Tops-690-13R-004 載重位移曲線圖



圖 B.5.9.27
試體 TTK-Tops-690-13R-005
實驗照片

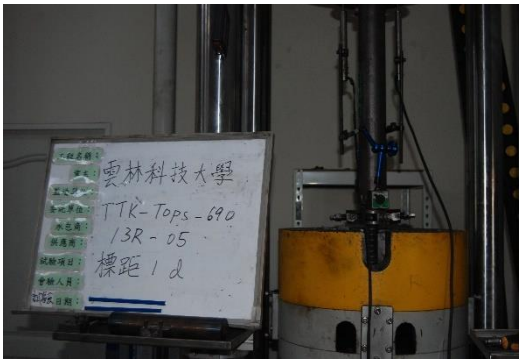


圖 B.5.9.28
試體 TTK-Tops-690-13R-005
實驗照片

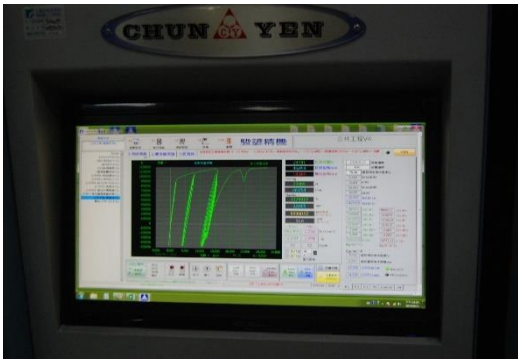


圖 B.5.9.29
試體 TTK-Tops-690-13R-005
實驗照片

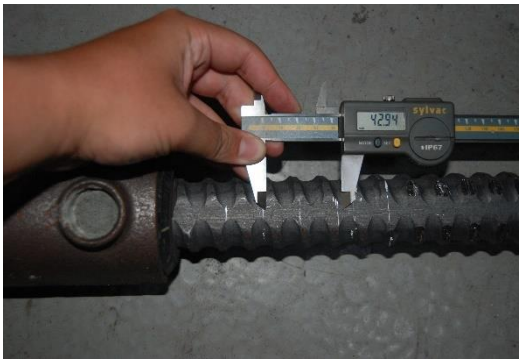


圖 B.5.9.30
試體 TTK-Tops-690-13R-005
實驗照片

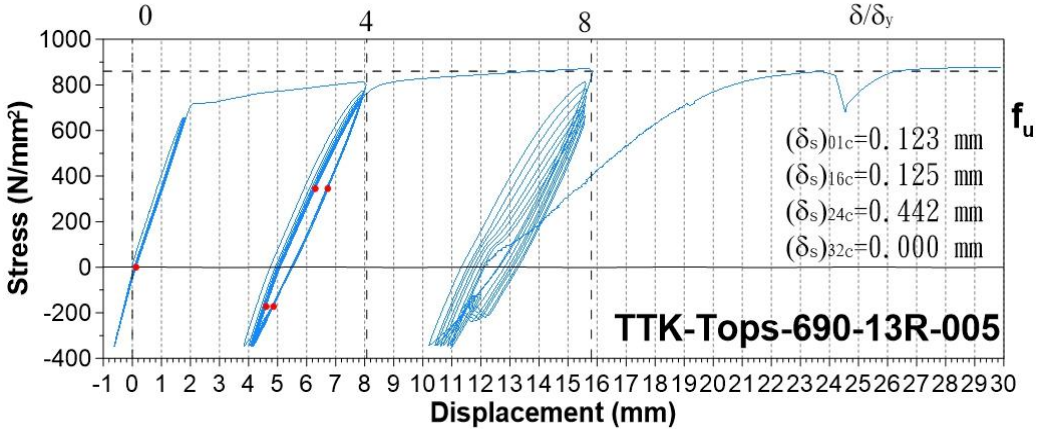


圖 B.5.9.31 試體 TTK-Tops-690-13R-005 載重位移曲線圖

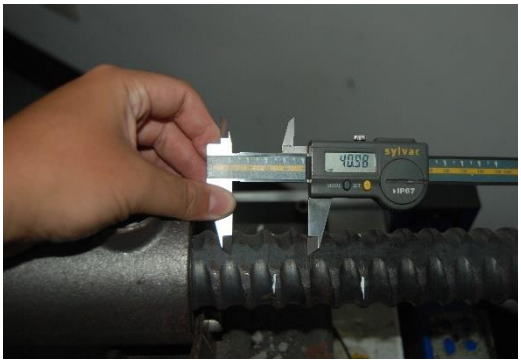


圖 B.5.9.32
試體 TTK-Tops-690-13R-006
實驗照片



圖 B.5.9.33
試體 TTK-Tops-690-13R-006
實驗照片

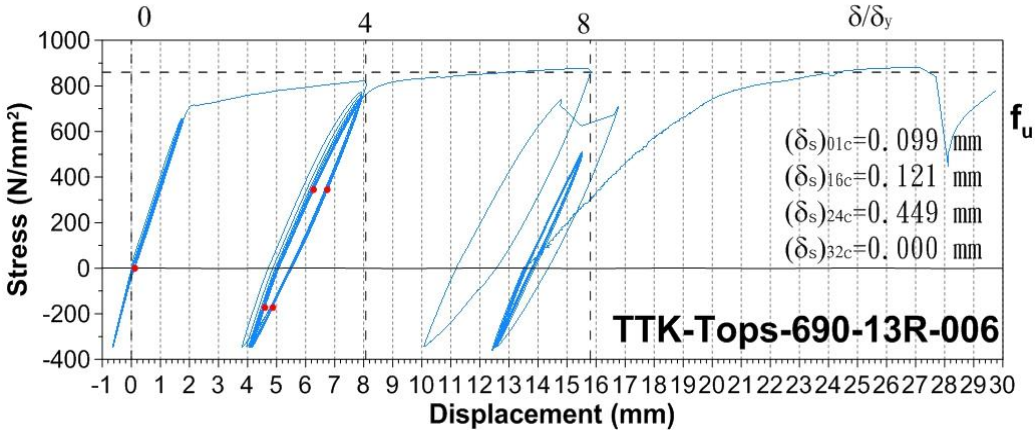


圖 B.5.9.34 試體 TTK-Tops-690-13R-006 載重位移曲線圖

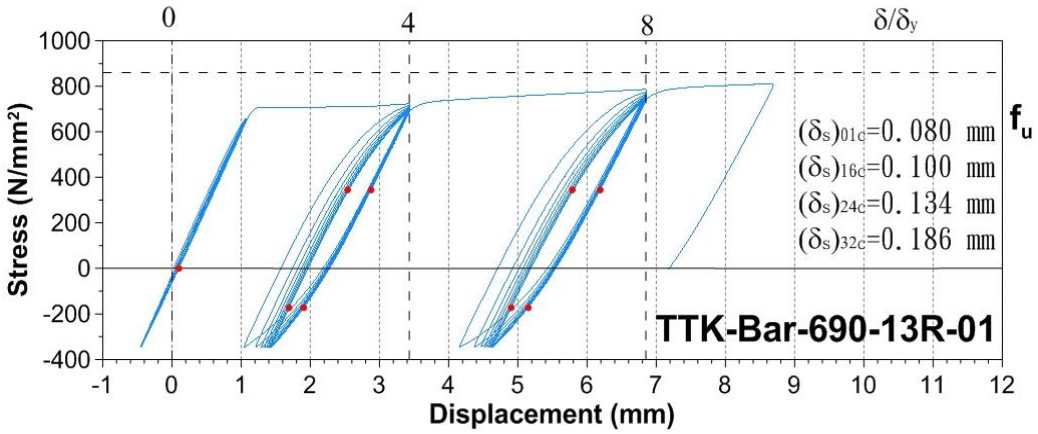


圖 2.2.9.35 試體 TTK-Bar-690-13R-01 載重位移曲線圖

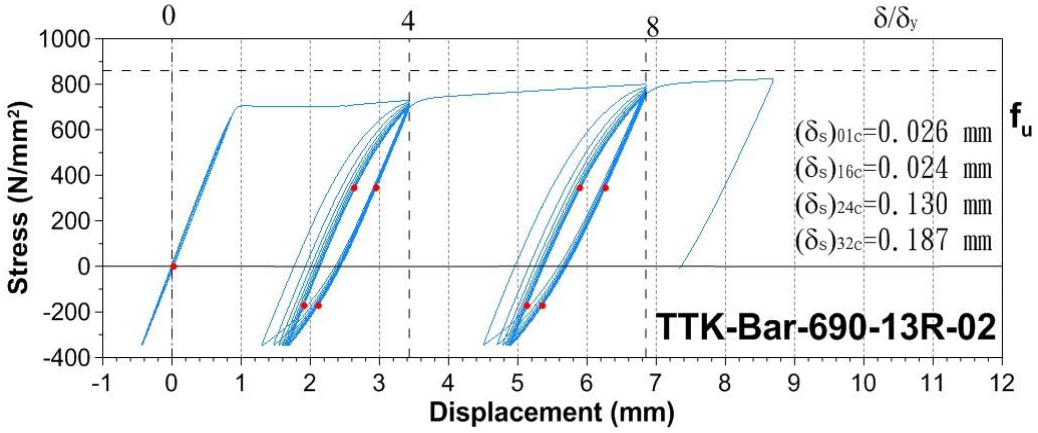


圖 2.2.9.36 試體 TTK-Bar-690-13R-02 載重位移曲線圖

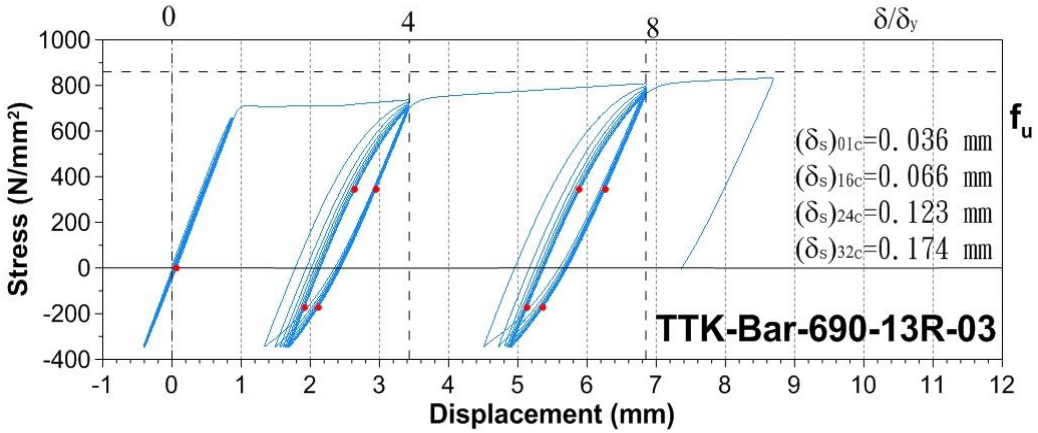


圖 2.2.9.37 試體 TTK-Bar-690-13R-03 載重位移曲線圖

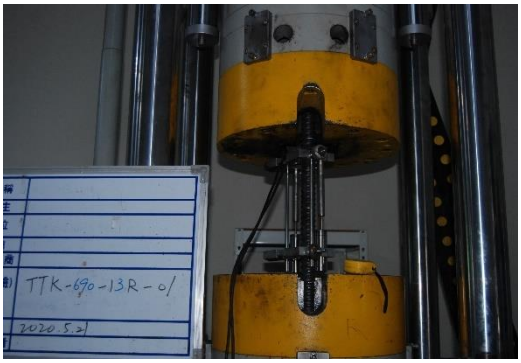


圖 2.2.9.38
試體 TTK-Bar-690-13R-001
實驗照片

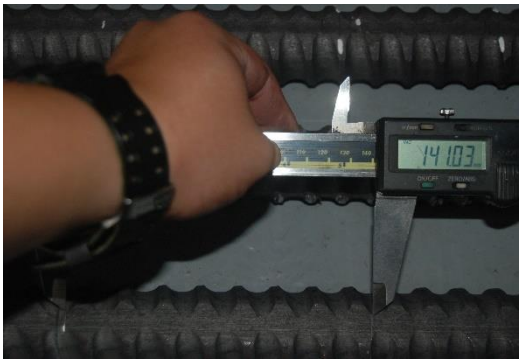


圖 2.2.9.39
試體 TTK-Bar-690-13R-001
實驗照片

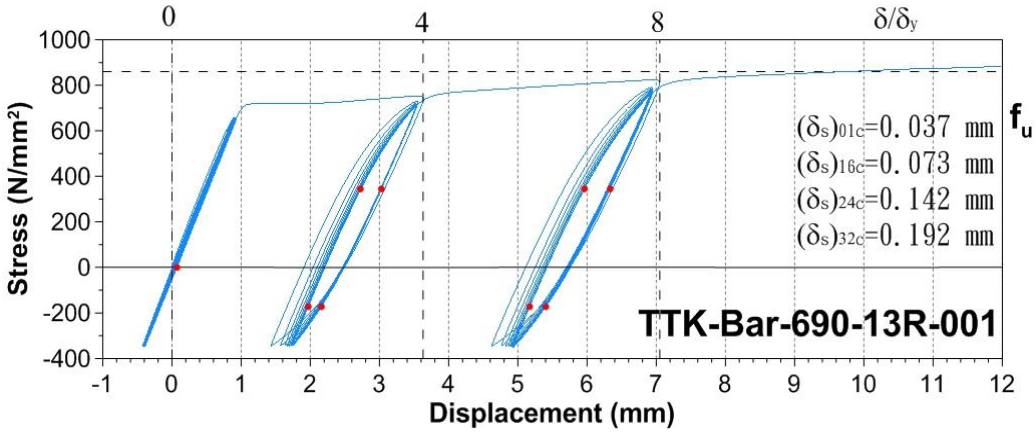


圖 2.2.9.40 試體 TTK-Bar-690-13R-001 載重位移曲線圖

B.5.10 同軸度試驗照片

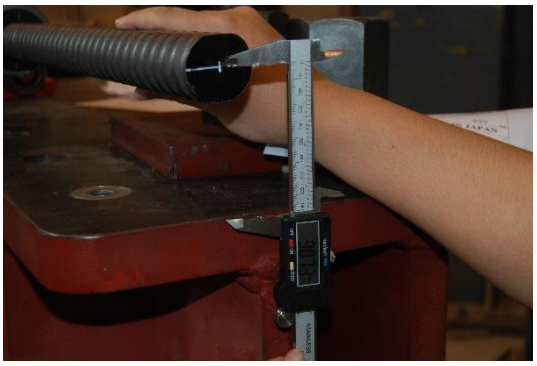


圖 B.5.10.1 同軸度實驗照片



圖 B.5.10.2 同軸度實驗照片



圖 B.5.10.3 同軸度實驗照片



圖 B.5.10.4 同軸度實驗照片

B.6 SD690 砂漿充填式續接套管試驗(#10)

供料廠商：潤弘精密工程股份有限公司
取樣編號：RTK-690-10R
續接器組件及母材試驗報告

B.6.1 高塑性反復負載試驗目的

為 SD690 鋼筋可以成為新材料新工法用鋼筋，需要一個官方統一版本的續接器性能合格標準。儘管目前我國已有一套較美日更嚴謹的機械式續接檢驗和合格標準，但不適用較高強度鋼筋，需要補充實驗研究調整機械式續接的檢驗和合格標準，使新版規範更趨完備嚴謹。

B.6.2 高塑性反復負載試驗試體

此次高塑性反復負載試驗試體包含 RTK-690-10R 即 RTK(S)-690-10R 以表 B.6.2.1 表示，其中 RTK(S)為內含特別加勁材之砂漿填充續接套管續接器。

表 B.6.2.1 續接器試體一覽表

試體編號	續接形式	續接鋼筋
RTK(S)-690-10R-01	砂漿填充續接套管續接器	SD690 D32 螺紋節
RTK(S)-690-10R-02	砂漿填充續接套管續接器	SD690 D32 螺紋節
RTK(S)-690-10R-03	砂漿填充續接套管續接器	SD690 D32 螺紋節
RTK-690-10R-05	砂漿填充續接套管續接器	SD690 D32 螺紋節
RTK-690-10R-07	砂漿填充續接套管續接器	SD690 D32 螺紋節
RTK-690-10R-08	砂漿填充續接套管續接器	SD690 D32 螺紋節

B.6.3 高塑性反復負載試體製作

(1)鋼筋

採用螺紋節鋼筋 SD690-D32

(2)續接器

採用潤弘精密工程股份有限公司出產之砂漿填充續接套管續接器。(https://www.rtc.com.tw/)

(3)填充材

試件內砂漿填充材已於原公司實施試驗，本研究未收到資料結果。

B.6.4 高塑性反復負載試驗方法

本試驗規劃各項試驗參考 CNS 15560，並擬定新規範辦理用以適用於 490 MPa 以上之鋼種，其允收標準以表 B.6.4.1 表示。試驗裝置及加載程序如圖 B.6.4.2 及圖 B.6.4.3 表示。

表 B.6.4.1 各級續接器允收標準

試驗項目	加載程序	指標	合格標準		
			第三類 (SA 級)	第二類 (A 級)	第一類 (B 級)
高塑性反復負載試驗	$0\rightarrow(0.95P_y \leftrightarrow -0.5P_y)\times16$ 回 $\rightarrow(n\delta_y \leftrightarrow -0.5P_y)\times8$ 回 $\rightarrow(2n\delta_y \leftrightarrow -0.5P_y)\times8$ 回→拉至破壞[2]	抗拉強度	$\geq 1.25f_y$ 且 $\geq f_u$	$\geq 1.25f_y$ 且 $\geq f_u$	不適用
		滑動量 $(\delta_s)_{16c}-(\delta_s)_{1c}$	≤ 0.3 mm	≤ 0.3 mm	不適用
		滑動量 $(\delta_s)_{24c}$	≤ 0.9 mm	≤ 0.9 mm	不適用
		滑動量 $(\delta_s)_{32c}$	≤ 1.8 mm	不適用	不適用
		續接處外鋼筋之伸長率[1]	≥9%，鋼筋尺度 D32 以下	≥ 4%	不適用
			≥6%，鋼筋尺度 D36 以上		

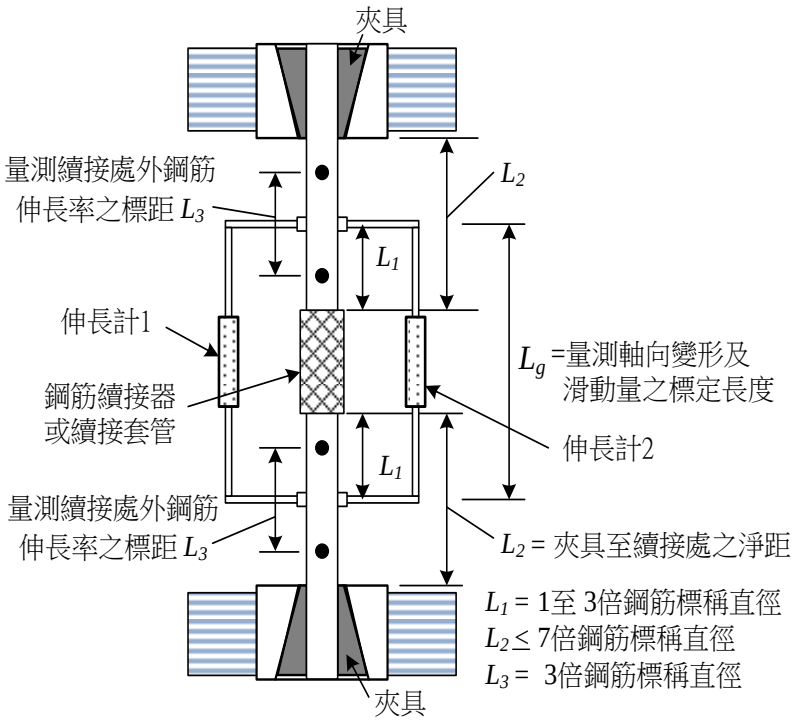
[1]續接處外兩側鋼筋伸長率之較大值。

[2]第二類(A 級)完成 24 回後可拉至破壞；

fy≤4,200 kgf/cm2 [420 MPa]之鋼筋，塑性倍率 n=6；

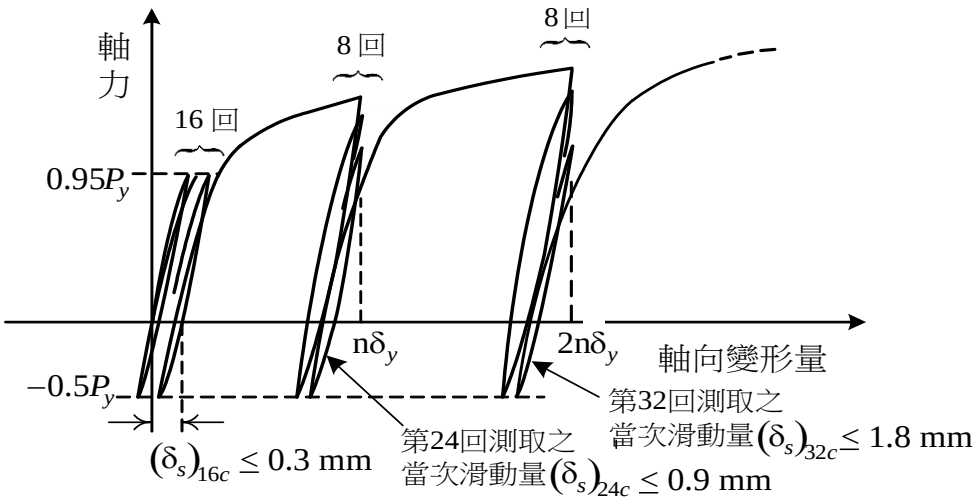
fy=5,600 kgf/cm2 [550 MPa]之鋼筋，塑性倍率 n=5；

fy=7,000 kgf/cm2 [690 MPa]之鋼筋，塑性倍率 n=4。



B.6.4.2 試驗裝置圖　　單位:mm

試體編號	d_b	續接器長度L_c	伸長計夾距L_g	伸長率標距L_3	淨距L_2
RTK(S)-690-10R-01	32.2	453	646	97	167
RTK(S)-690-10R-02	32.2	453	646	97	167
RTK(S)-690-10R-03	32.2	453	646	97	167
RTK-690-10R-05	32.2	453	646	97	167
RTK-690-10R-07	32.2	453	646	97	167
RTK-690-10R-08	32.2	453	646	97	167



加載至0.95P_y，反向加壓至 −0.50P_y，
重複16回到標稱零載重之殘留滑動量

圖 B.6.4.3 試驗加載程序

B.6.5 高塑性反復負載試驗結果

試體編號	抗拉強度	滑動量 $(\delta_s)_{16c}-(\delta_s)_{1c}$	滑動量 $(\delta_s)_{24c}$	滑動量 $(\delta_s)_{32c}$	伸長率*	判定
	≥ 860MPa	≤ 0.3mm	≤ 0.9mm	≤ 1.8mm		
RTK(S)-690-10R-01	916	0.290−0.182 =0.108	0.529	0.832	18	SA
RTK(S)-690-10R-02	919	機台判定位移過大直接拉斷			20	N.A.
RTK(S)-690-10R-03	933	0.305−0.208 =0.097	0.389	0.787	18	SA
RTK-690-10R-05	802	0.130−0.067 =0.063	1.031	N.A.	3‡	B
RTK-690-10R-07	808	0.707−0.504 =0.203	0.857	N.A.	3‡	B
RTK-690-10R-08	818	0.420−0.268 =0.152	1.441	N.A.	1‡	B

*續接處外兩側鋼筋伸長率之較大值。SA 級≥9%(D32 以下)or6%(D36 以上)；A 級≥4%；B 級≥2%。

‡拔出；未特別註記表示伸長率標距內斷筋

B.6.6 同軸度試驗目的

在施作續接器高塑性反復負載試驗時，常因被續接鋼筋與續接器軸度不同產生歪斜之情況，此現象極有可能造成施作續接器高塑性反復負載試驗時發生挫屈現象，使試體成為無效數據，若此不同軸度發生於施工現場將使結構物中續接器在未達其強度前即發生挫屈現象進而失去穩定，無法使續接器成功發揮其作用，為使續接器實驗在此方面更而完整，本次試驗擬訂此同軸度試驗用以在進行強度試驗前即排除不良試體，使試驗更趨於有效化並在有限的資源及時間下進行高塑性反復負載試驗。

B.6.7 同軸度試驗方法

將續接器組件測量如圖 B.6.7.1，並計算其最大斜率。

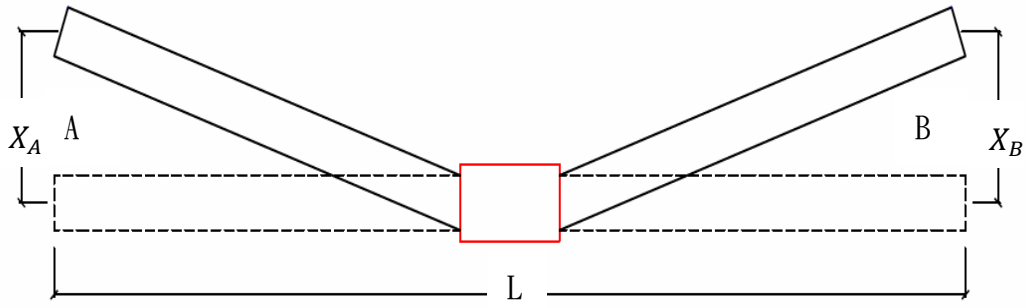


圖 B.6.7.1

B.6.8 同軸度試驗結果

試體編號	X_A(mm)	X_B(mm)	L(mm)	同軸度(1/斜率)
RTK(S)-690-10R-01	7.0	15.2	1214	40
RTK(S)-690-10R-02	4.7	9.2	1210	66
RTK(S)-690-10R-03	2.4	7.6	1210	81
RTK-690-10R-05	6.6	5.1	1414	106
RTK-690-10R-07	12.1	14.7	1409	48
RTK-690-10R-08	1.0	7.1	1409	99

B.6.9 高塑性反復負載試體照片



圖 B.6.9.01
試體 RTK(S)-690-10R-01
實驗照片

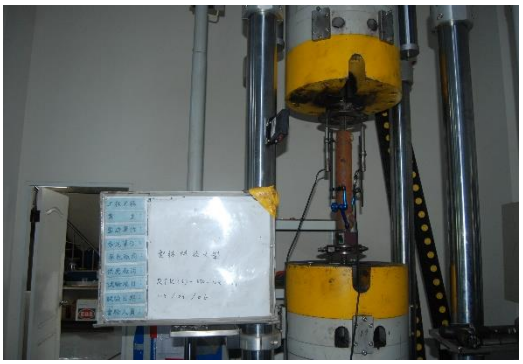


圖 B.6.9.02
試體 RTK(S)-690-10R-01
實驗照片

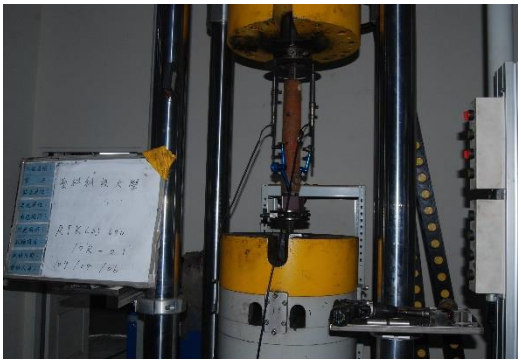


圖 B.6.9.03
試體 RTK(S)-690-10R-01
實驗照片



圖 B.6.9.04
試體 RTK(S)-690-10R-01
實驗照片

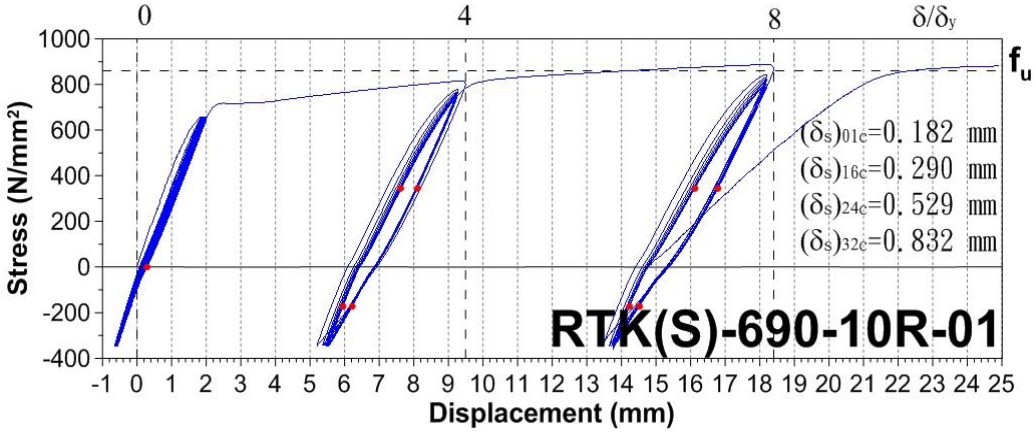


圖 B.6.9.05 試體 RTK(S)-690-10R-01 載重位移曲線圖



圖 B.6.9.06
試體 RTK(S)-690-10R-02
實驗照片



圖 B.6.9.07
試體 RTK(S)-690-10R-02
實驗照片

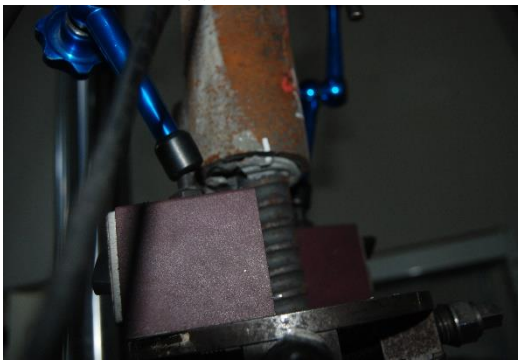


圖 B.6.9.08
試體 RTK(S)-690-10R-02
實驗照片



圖 B.6.9.09
試體 RTK(S)-690-10R-02
實驗照片

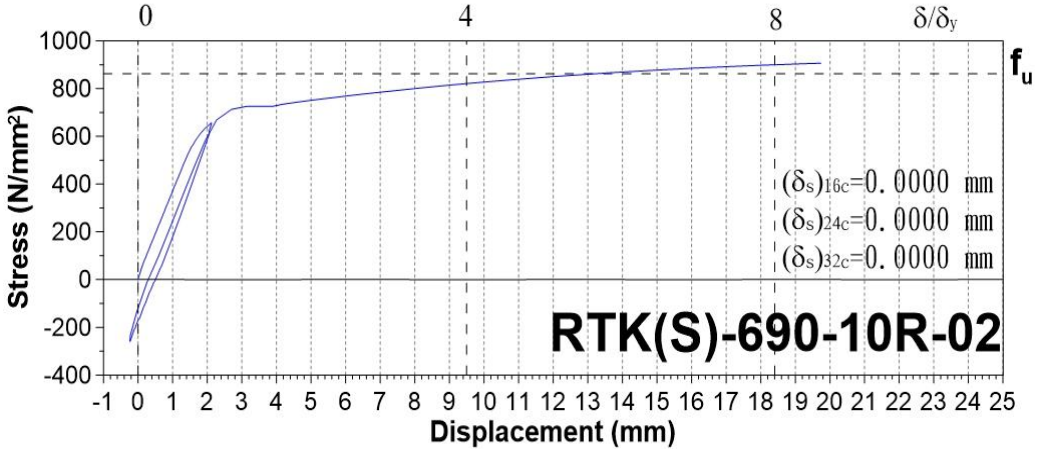


圖 B.6.9.10 試體 RTK(S)-690-10R-02 載重位移曲線圖



圖 B.6.9.11
試體 RTK(S)-690-10R-03
實驗照片

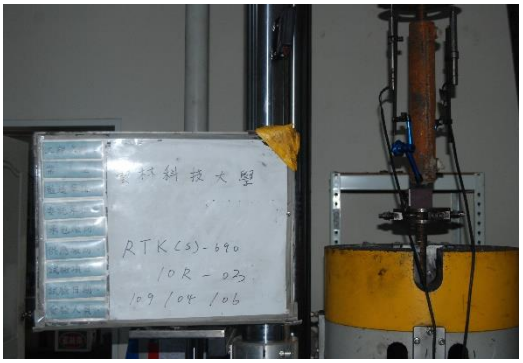


圖 B.6.9.12
試體 RTK(S)-690-10R-03
實驗照片



圖 B.6.9.13
試體 RTK(S)-690-10R-03
實驗照片



圖 B.6.9.14
試體 RTK(S)-690-10R-03
實驗照片

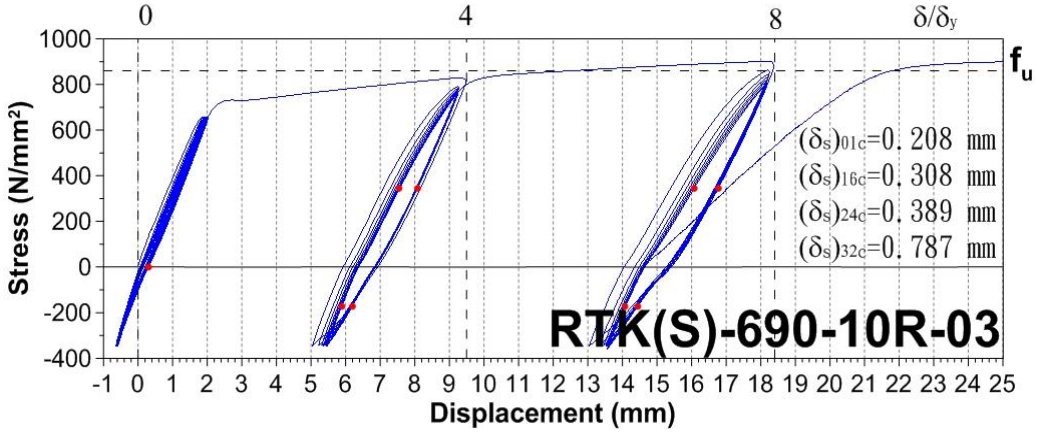


圖 B.6.9.15 試體 RTK(S)-690-10R-03 載重位移曲線圖



圖 B.6.9.16
試體 RTK-690-10R-05
實驗照片

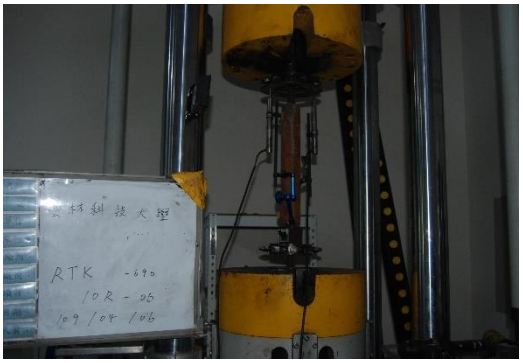


圖 B.6.9.17
試體 RTK-690-10R-05
實驗照片



圖 B.6.9.18
試體 RTK-690-10R-05
實驗照片



圖 B.6.9.19
試體 RTK-690-10R-05
實驗照片

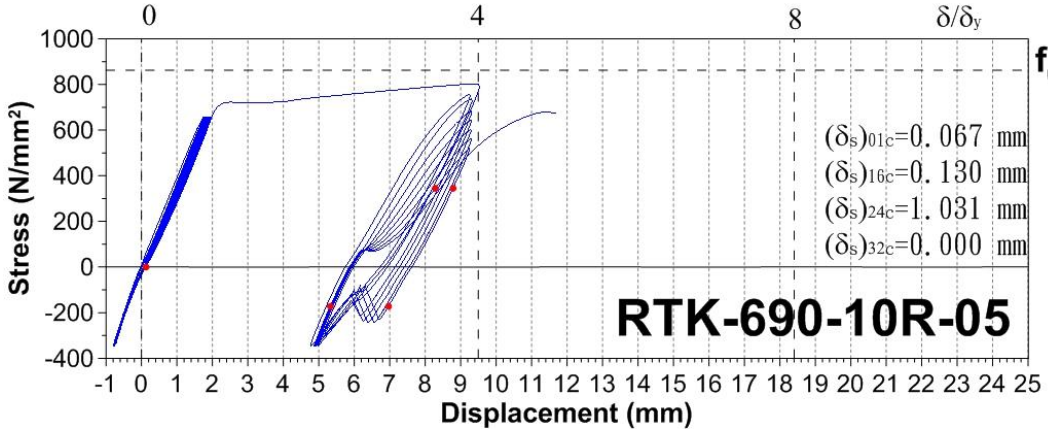


圖 B.6.9.20 試體 RTK-690-10R-05 載重位移曲線圖



圖 B.6.9.21
試體 RTK-690-10R-07
實驗照片



圖 B.6.9.22
試體 RTK-690-10R-07
實驗照片



圖 B.6.9.23
試體 RTK-690-10R-07
實驗照片



圖 B.6.9.24
試體 RTK-690-10R-07
實驗照片

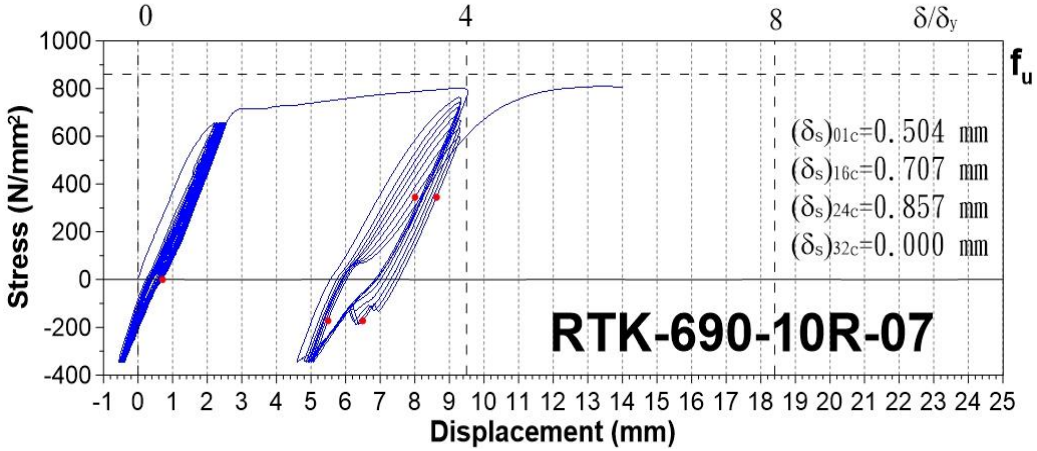


圖 B.6.9.25 試體 RTK-690-10R-07 載重位移曲線圖

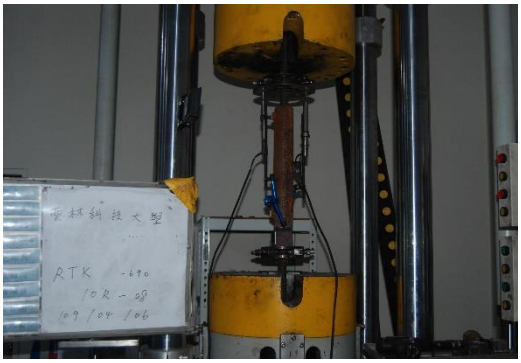


圖 B.6.9.26
試體 RTK-690-10R-08
實驗照片

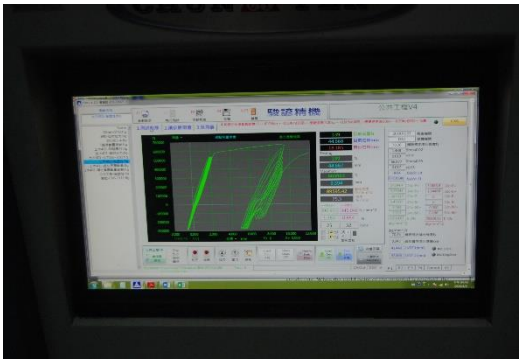


圖 B.6.9.27
試體 RTK-690-10R-08
實驗照片



圖 B.6.9.28
試體 RTK-690-10R-08
實驗照片



圖 B.6.9.29
試體 RTK-690-10R-08
實驗照片

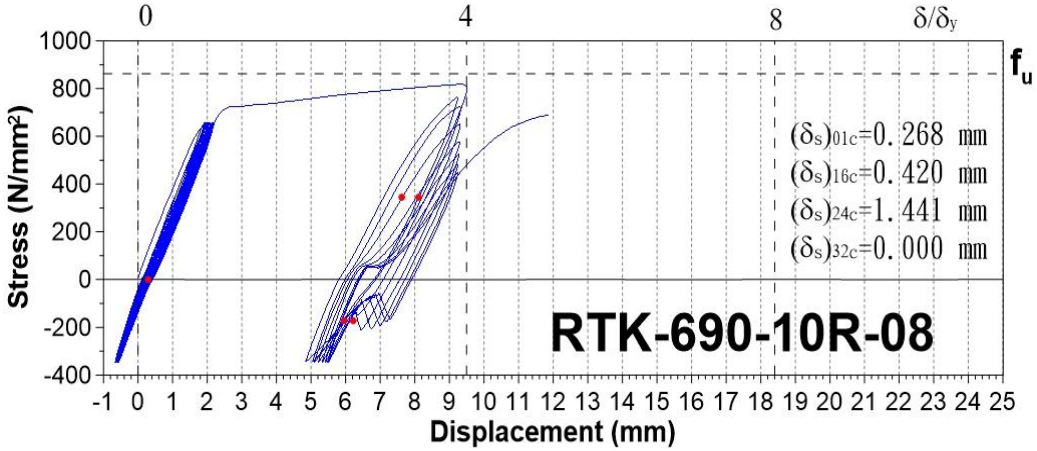


圖 B.6.9.30 試體 RTK-690-10R-08 載重位移曲線圖

B.6.10 同軸度試驗照片



圖 B.6.10.1 同軸度實驗照片



圖 B.6.10.2 同軸度實驗照片



圖 B.6.10.3 同軸度實驗照片



圖 B.6.10.4 同軸度實驗照片

B.7 SD690 砂漿充填式續接套管試驗(#10)

供料廠商：潤弘精密工程股份有限公司

取樣編號：RTK-690-10R

續接器組件及母材試驗報告

B.7.1 高塑性反復負載試驗目的

為 SD690 鋼筋可以成為新材料新工法用鋼筋，需要一個官方統一版本的續接器性能合格標準。儘管目前我國已有一套較美日更嚴謹的機械式續接檢驗和合格標準，但不適用較高強度鋼筋，需要補充實驗研究調整機械式續接的檢驗和合格標準，使新版規範更趨完備嚴謹。

B.7.2 高塑性反復負載試驗試體

此次高塑性反復負載試驗試體包含 RTK-690-10R 即 RTK(S)-690-10R 以表 B.7.2.1 表示，其中 RTK(S)為內含加勁材之砂漿填充續接套管續接器。

表 B.7.2.1 續接器試體一覽表

試體編號	續接形式	續接鋼筋
RTK-S-01	砂漿填充續接套管續接器	SD690 D32 螺紋節
RTK-S-02	砂漿填充續接套管續接器	SD690 D32 螺紋節
RTK-S-03	砂漿填充續接套管續接器	SD690 D32 螺紋節
RTK-01	砂漿填充續接套管續接器	SD690 D32 螺紋節
RTK-02	砂漿填充續接套管續接器	SD690 D32 螺紋節
RTK-03	砂漿填充續接套管續接器	SD690 D32 螺紋節

B.7.3 高塑性反復負載試體製作

(1)鋼筋

採用螺紋節鋼筋 SD690-D32

(2)續接器

採用潤弘精密工程股份有限公司出產之砂漿填充續接套管續接器(https://www.rtc.com.tw/)

(3)填充材

試件內砂漿填充材已於原公司實施試驗，本研究未收到資料結果。

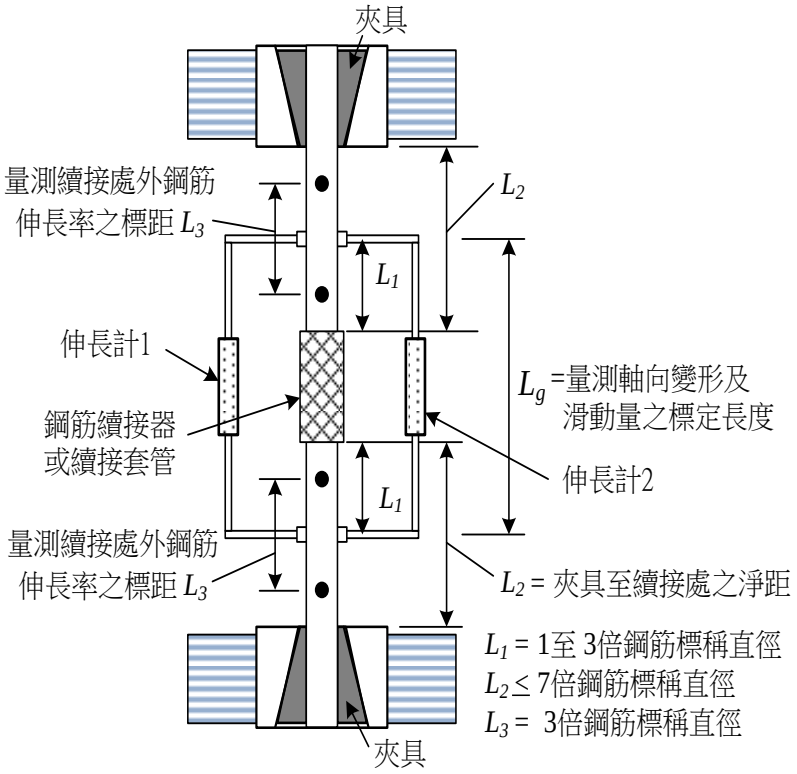
B.7.4 高塑性反復負載試驗方法

本試驗規劃各項試驗參考 CNS 15560，並擬定新規範辦理用以適用於 490 MPa 以上之鋼種，其允收標準以表 B.7.4.1 表示。試驗裝置及加載程序如圖 B.7.4.2 及圖 B.7.4.3 表示。

表 B.7.4.1 各級續接器允收標準

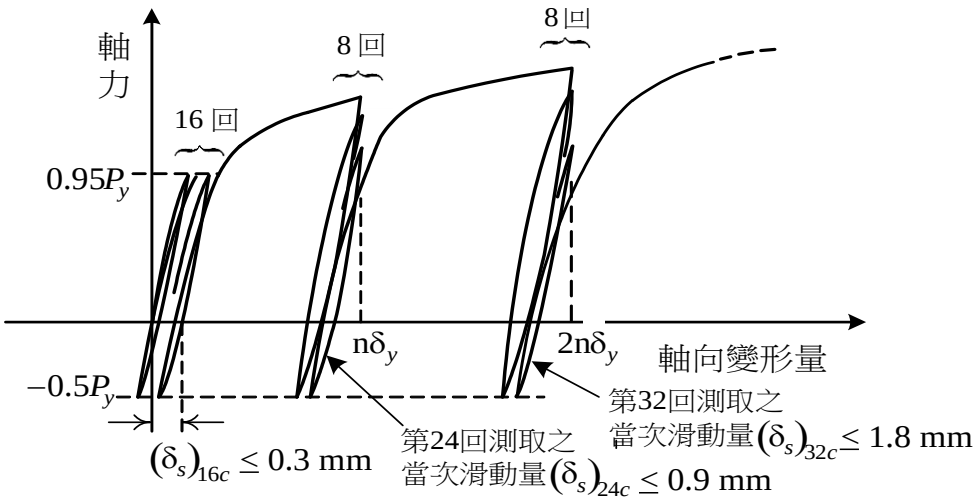
試驗項目	加載程序	指標	合格標準		
			第三類 (SA 級)	第二類 (A 級)	第一類 (B 級)
高塑性反復負載試驗	$0\rightarrow(0.95P_y \leftrightarrow -0.5P_y)\times16$ 回 $\rightarrow(6\delta_y \leftrightarrow -0.5P_y)\times8$ 回 $\rightarrow(12\delta_y \leftrightarrow -0.5P_y)\times8$ 回→拉至破壞[2]	抗拉強度	$\geq 1.25f_y$ 且 $\geq f_u$	$\geq 1.25f_y$ 且 $\geq f_u$	不適用
		滑動量 $(\delta_s)_{16c}-(\delta_s)_{1c}$	≤ 0.3 mm	≤ 0.3 mm	不適用
		滑動量 $(\delta_s)_{24c}$	≤ 0.9 mm	≤ 0.9 mm	不適用
		滑動量 $(\delta_s)_{32c}$	≤ 1.8 mm	不適用	不適用
		續接處外鋼筋之伸長率[1]	≥9%，鋼筋尺度 D32 以下	≥ 4%	不適用
			≥6%，鋼筋尺度 D36 以上		

[1]續接處外兩側鋼筋伸長率之較大值。



試驗裝置圖 B.7.4.2 單位:mm

試體編號	d_b	續接器長度 L_c	伸長計夾距 L_g	伸長率標距 L_3	淨距 L_2
RTK-S-01	32.2	453	646	97	167
RTK-S-02	32.2	453	646	97	167
RTK-S-03	32.2	453	646	97	167
RTK-01	32.2	453	646	97	167
RTK-02	32.2	453	646	97	167
RTK-03	32.2	453	646	97	167



加載至0.95P_y，反向加壓至 −0.50P_y，
重複16回到標稱零載重之殘留滑動量

圖 B.7.4.3 試驗加載程序

B.7.5 高塑性反復負載試驗結果

試體編號	抗拉強度	滑動量 $(\delta_s)_{16c} - (\delta_s)_{1c}$	滑動量 $(\delta_s)_{24c}$	滑動量 $(\delta_s)_{32c}$	伸長率*	判定
	≥ 860MPa	≤ 0.3mm	≤ 0.9mm	≤ 1.8mm		
RTK-S-01	937	0.425−0.277 =0.148	0.854	2.106	9	SA
RTK-S-02	933	0.232−0.076 =0.156	0.708	2.169	N.A.	N.A.
RTK-S-03	919	0.340−0.226 =0.114	0.653	0.936	16	SA
RTK-01	837	1.096−0.759 =0.337	N.A.	N.A.	3‡	B
RTK-02	839	0.308−0.153 =0.155	N.A.	N.A.	3‡	B
RTK-03	822	0.603−0.480 =0.123	N.A.	N.A.	2‡	B

*續接處外兩側鋼筋伸長率之較大值。SA 級≥9%(D32 以下)or6%(D36 以上)；A 級≥4%；B 級≥2%。

‡拔出；未特別註記表示伸長率標距內斷筋

B.7.6 同軸度試驗目的

在施作續接器高塑性反復負載試驗時，常因被續接鋼筋與續接器軸度不同產生歪斜之情況，此現象極有可能造成施作續接器高塑性反復負載試驗時發生挫屈現象，使試體成為無效數據，若此不同軸度發生於施工現場將使結構物中續接器在未達其強度前即發生挫屈現象進而失去穩定，無法使續接器成功發揮其作用，為使續接器實驗在此方面更而完整，本次試驗擬訂此同軸度試驗用以在進行強度試驗前即排除不良試體，使試驗更趨於有效化並在有限的資源及時間下進行高塑性反復負載試驗。

B.7.7 同軸度試驗方法

將續接器組件測量如圖 B.7.7.1，並計算其最大斜率。

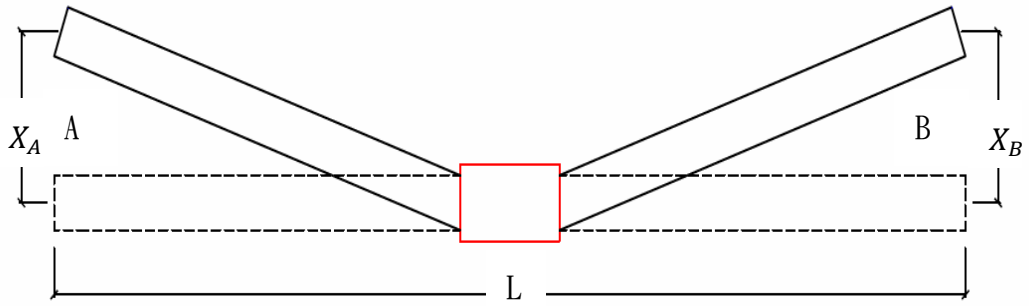


圖 B.7.7.1

B.7.8 同軸度試驗結果

試體編號	X_A(mm)	X_B(mm)	L(mm)	同軸度(1/斜率)
RTK-S-01	此組試驗未進行同軸度試驗			
RTK-S-02				
RTK-S-03				
RTK-01				
RTK-02				
RTK-03				

B.7.9 高塑性反復負載試體照片

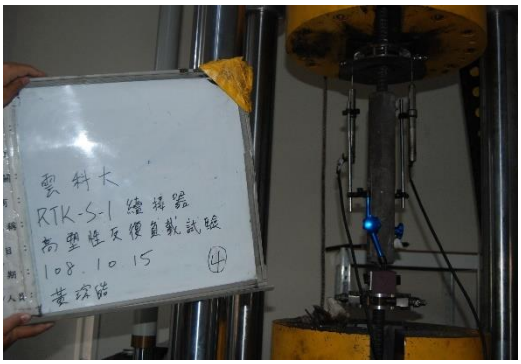


圖 B.7.9.01
試體 RTK-S-01
實驗照片

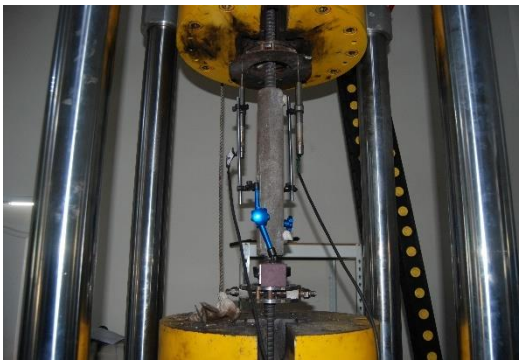


圖 B.7.9.02
試體 RTK-S-01
實驗照片

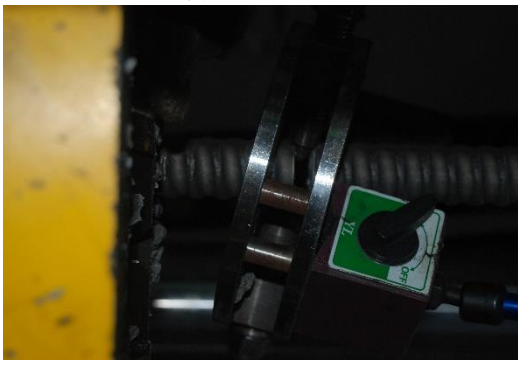


圖 B.7.9.03
試體 RTK-S-01
實驗照片

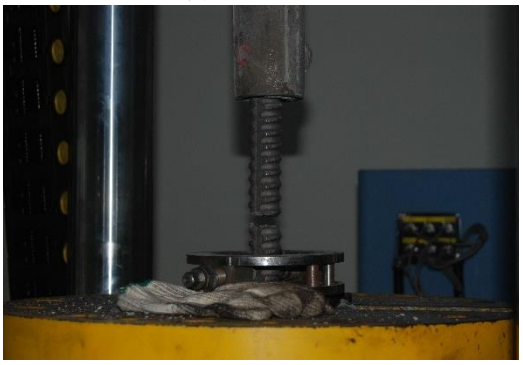


圖 B.7.9.04
試體 RTK-S-01
實驗照片

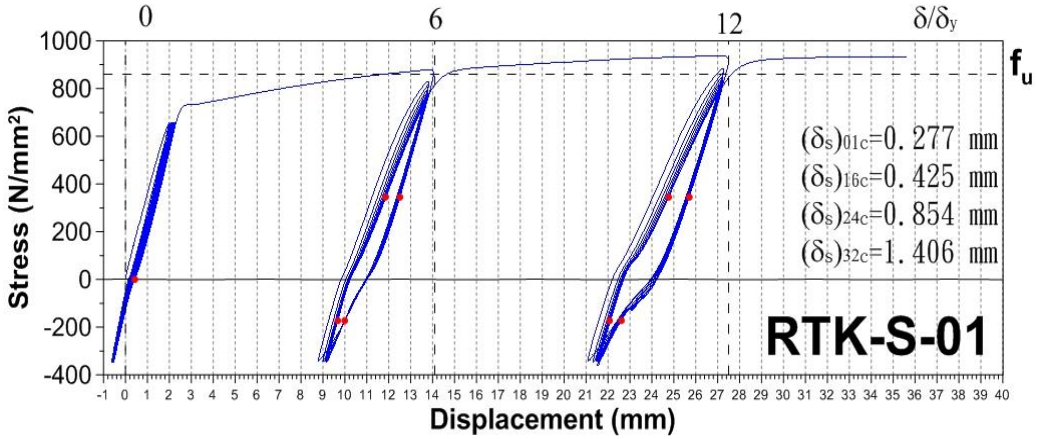


圖 B.7.9.05 試體 RTK-S-01 載重位移曲線圖



圖 B.7.9.06
試體 RTK-S-02
實驗照片

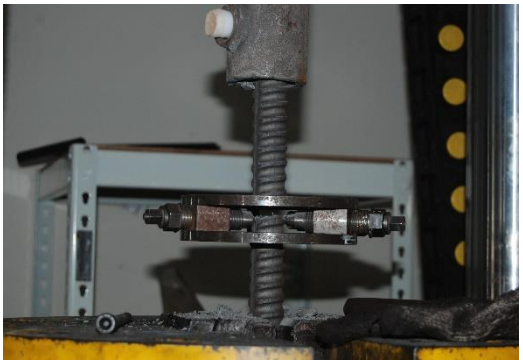


圖 B.7.9.07
試體 RTK-S-02
實驗照片

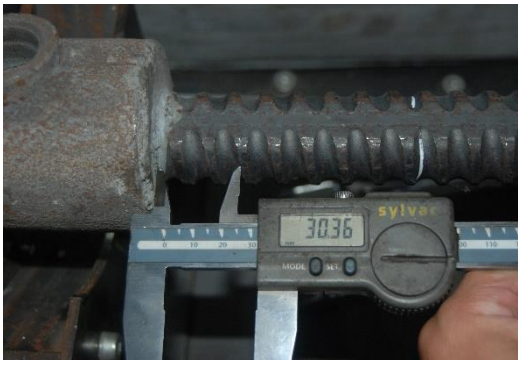


圖 B.7.9.08
試體 RTK-S-02
實驗照片



圖 B.7.9.09
試體 RTK-S-02
實驗照片

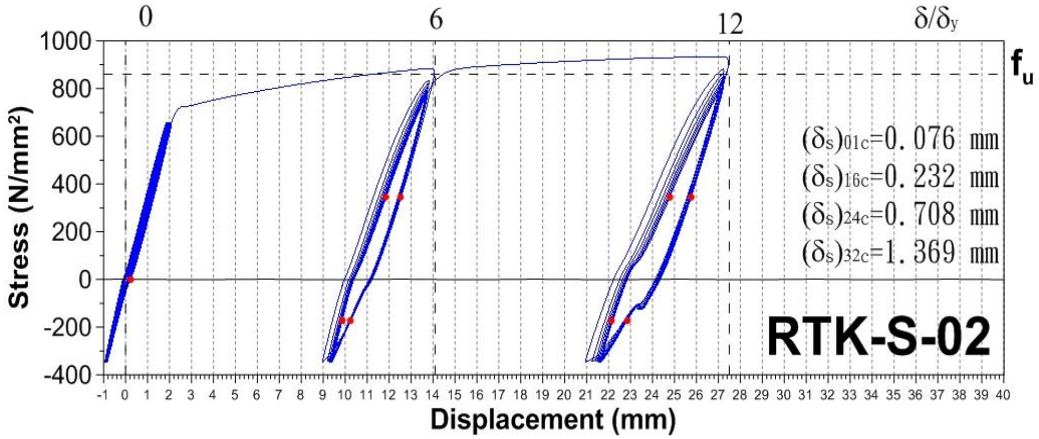


圖 B.7.9.10 試體 RTK-S-02 載重位移曲線圖



圖 B.7.9.11
試體 RTK-S-03
實驗照片



圖 B.7.9.13
試體 RTK-S-03
實驗照片



圖 B.7.9.13
試體 RTK-S-03
實驗照片

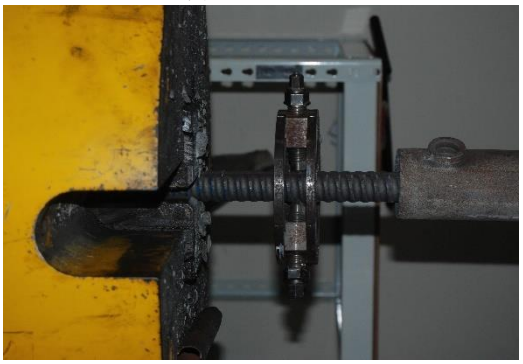


圖 B.7.9.14
試體 RTK-S-03
實驗照片

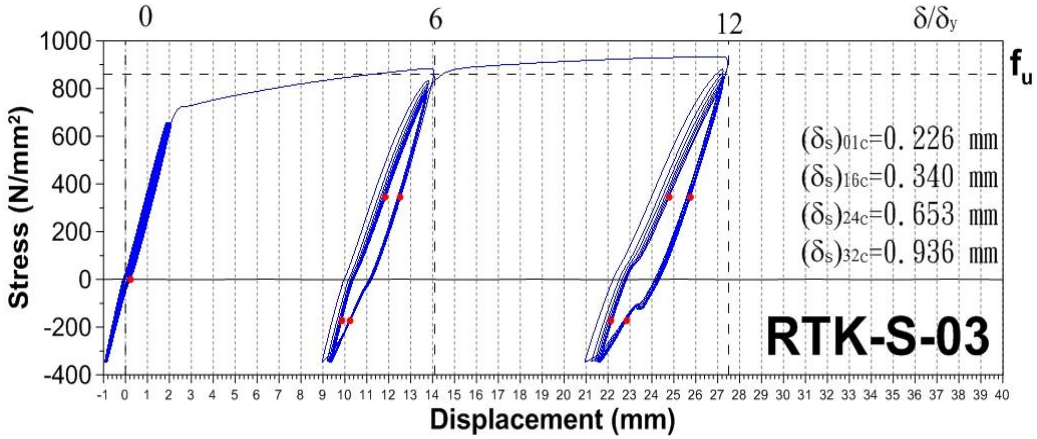


圖 B.7.9.15 試體 RTK-S-03 載重位移曲線圖



圖 B.7.9.16
試體 RTK-01
實驗照片



圖 B.7.9.17
試體 RTK-01
實驗照片

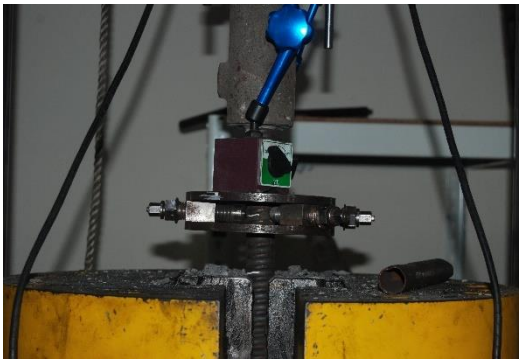


圖 B.7.9.18
試體 RTK-01
實驗照片



圖 B.7.9.19
試體 RTK-01
實驗照片

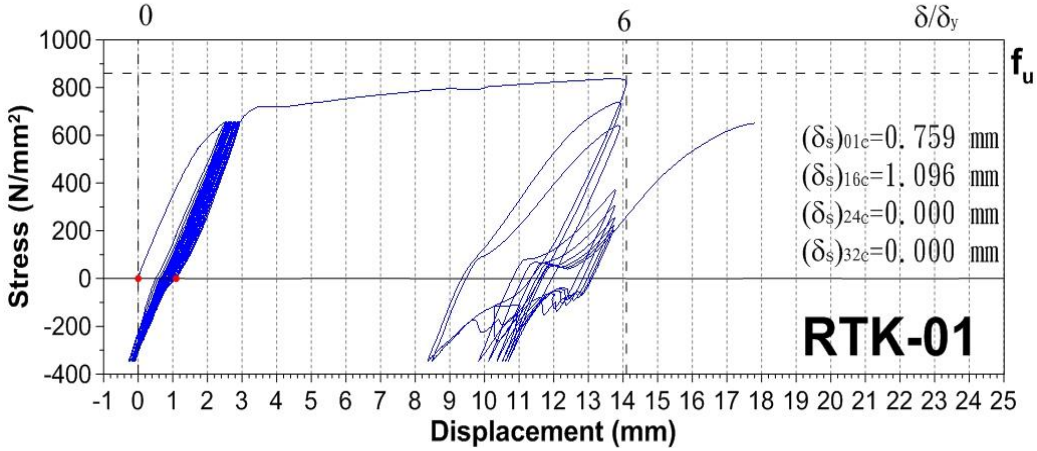


圖 B.7.9.20 試體 RTK-01 載重位移曲線圖

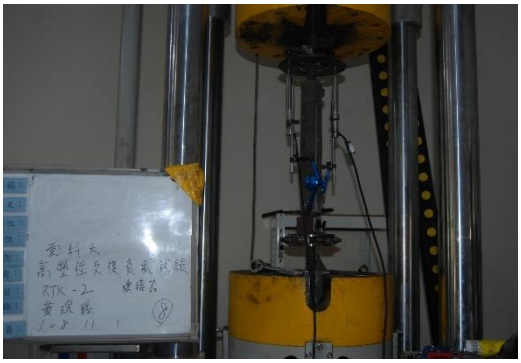


圖 B.7.9.21
試體 RTK-02
實驗照片



圖 B.7.9.22
試體 RTK-02
實驗照片

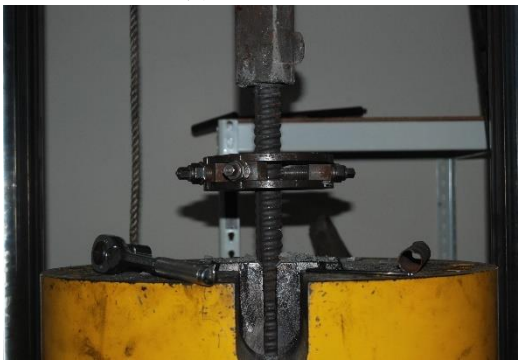


圖 B.7.9.23
試體 RTK-02
實驗照片



圖 B.7.9.24
試體 RTK-02
實驗照片

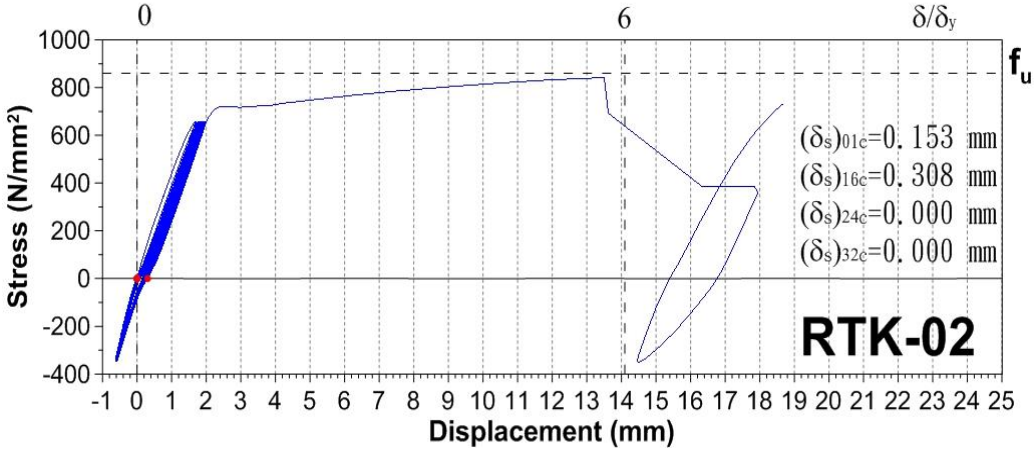


圖 B.7.9.25 試體 RTK-02 載重位移曲線圖

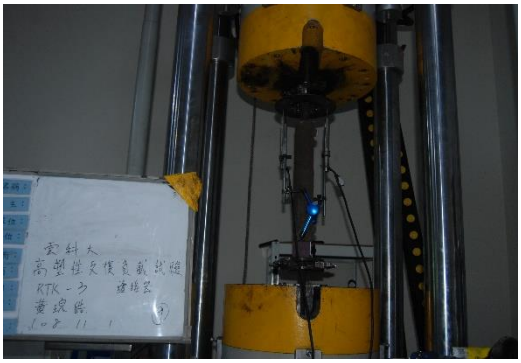


圖 B.7.9.26
試體 RTK-03
實驗照片

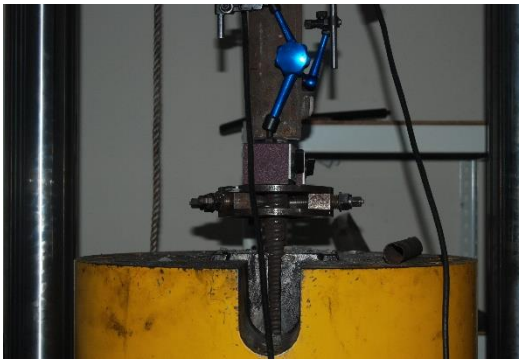


圖 B.7.9.27
試體 RTK-03
實驗照片



圖 B.7.9.28
試體 RTK-03
實驗照片



圖 B.7.9.29
試體 RTK-03
實驗照片

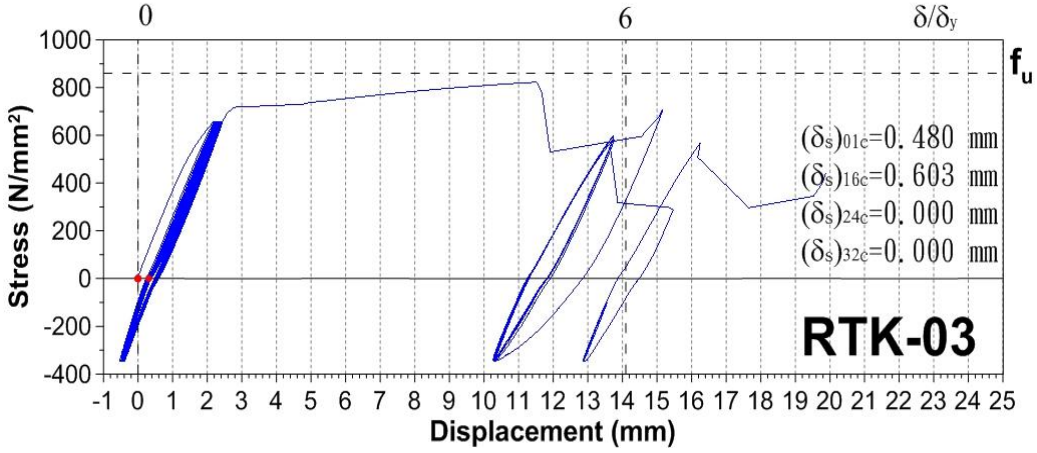


圖 B.7.9.30 試體 RTK-03 載重位移曲線圖

附錄三 期初評選會議紀錄及簽到表

內政部建築研究所「高強度鋼筋機械式續接性能合格標準及驗證研究」委託研究計畫

評選委員會會議紀錄

一、時間：109 年 1 月 20 日(星期一)下午 2 時

二、地點：本所討論室(一)(新北市新店區北新路 3 段 200 號 13 樓)

三、主席：陳召集人建忠　　記錄：李台光

四、出席及請假委員：(詳如簽到單)

五、列席人員：秘書室(請假)

六、主持人報告：

(一)本委託研究案共聘委員 7 人，目前會場中出席之外聘專家學者委員 4 人及本所委員 2 人，合計 6 人，超過委員總額二分之一，外聘之專家學者委員人數亦超過出席委員人數之三分之一，宣布會議正式開始。

(二)依「採購評選委員會審議規則」第 14 條，經詢問在場評選委員與受評廠商有無僱傭、委任等利益關係，確認無須迴避。

七、主辦單位報告：

(一)本採購案自 109 年 1 月 7 日公告招標訊息，並於 109 年 1 月 16 日下午 5 時截止投標收件，計有 1 家廠商投標；經 109 年 1 月 17 日資格審查，資格合於規定之投標廠商共計 1 家，為國立雲林科技大學。

(二)本採購案業於 109 年 1 月 17 日下午 4 時 30 分，召開工作小組初審會議，經審查投標廠商所送之服務建議書規格，均符合招標及投標規定。

八、投標受評廠商簡報：略。

九、委員發言重點與投標受評廠商回應：

國立雲林科技大學

委員	審查委員意見(依發言順序)	廠商回應
鍾委員肇滿	高強度續接器採用高塑性反覆載重試驗須能提供其韌性強度，與增加對該結構體之耐震性能,並納入規範,以利設計及施工單位遵循。	感謝委員寶貴的意見。本計畫將針對高強度續接器高塑性反覆載重試驗中之韌性強度，以及耐震性能等進行探討，期納入相關規範供各界參考使用。
趙委員永悌	試驗中各個降伏強度等級及鋼筋號數測試數量具體為何?	感謝委員寶貴的意見。在本計畫整體預計施作共 50 組試體，其中強度等級 550 MPa 約 30 組，其中強度等級 690 MPa 約 20 組。而鋼筋號數集中於 D32 及 D36，少數為 D39。
江委員世雄	請針對工程採用後如何取樣試驗、試驗頻率、高塑性反復負載試驗方法等，宜訂出明確規定，以茲遵循。	感謝委員寶貴的意見。對於如何取樣、試驗頻率等，已於 106 年度計畫完成訂定，而針對工程現地續接高強度鋼筋所需之注意事項，以及使用細節，將於本計畫完成。
陶委員其駿	1.請說明本計畫續接器相關試件規畫進行之最少數量。 2.本計畫「預期成果及效益」所提「新版」混凝土結構設計規範，請針對「新版」二字再提供明確之說明。	1. 感謝委員寶貴的意見。在本計畫整體預計施作共 50 組試體，其中強度等級 550 MPa 約 30 組，其中強度等級 690 MPa 約 20 組。而鋼筋號數集中於 D32 及 D36，以及少數 D39。

	3.建議本計畫能增加有關高強度鋼筋續接性能之現場施工品管措施，供未來參考本計畫成果者能有較完整之參考。 4.建議考量將國內現行已通過之新材料新工法認可之高強度鋼筋機械式續接器案例，加入本計畫作探討。	2.遵照辦理，將詳述所謂新版是目前審議中之草案，與現行規範作區隔。 3.遵照辦理，納入本計畫研究範圍。 4.遵照辦理，期中報告將詳述現有三家新材料認可範圍、高塑性反復負載試驗結果及相關規範。
陳召集人建忠	1.若維冠大樓使用適合現在規範之續接器，災害之影響是否會有改變。 2.若使用新式續接器，地震來臨時續接器是否可以完整替代搭接。 3.若有急迫需要，是否可以將本計畫結果針對現行規範做直接修改，而非針對尚未能實施之草案做建議修正。 4.對於各項經費之使用，請依照規畫費用妥善使用。	1.感謝委員寶貴的意見。維冠大樓之倒塌包含眾多因素，其中結構系統不良為主因，其次才是施工細節，如若續接器品質良好或許大樓還是會倒塌，但可能不會完全崩壞，傷亡或許不會如此慘重。 2.新式續接器若仍做好品管與檢驗，具有足夠強度，以確保在反復地震載重下仍能保持鋼筋連續傳力，可以完整替代搭接無虞。 3.本計畫預期針對新版 RC 規範草案進行修正，並遵照委員指示新增對現行規範之修正建

		議，包括工程會施工綱要規範第 03210 章。 4.謹遵指示辦理。
蘇委員錦江	希望本計畫加強於研究成果之宣導與推廣。	感謝委員寶貴的意見。本計畫之說明會及成果，會特著墨於業界之推廣與使用，並希望現地能多加利用。

十、討論事項與臨時動議：無。

十一、會議結論：

(一)本採購案投標受評廠商 1 家，國立雲林科技大學之序位和為 6(平均總評分為 82.17)，國立雲林科技大學為優勝順序第 1 位。評選結果經核，符合評選須知第 4 點之規定。

(二)請主辦單位將評選結果簽報機關首長或其授權人員核定。

十二、出席委員確認會議記錄：本會議紀錄經出席委員確認，無異議通過。

十三、散會：下午 3 時 15 分。

附錄四 第一次工作會議會議紀錄

內政部建築研究所「高強度鋼筋機械式續接性能合格標準及驗證研究」委託研究計畫

第一次工作會議 會議記錄

一、時間：109 年 5 月 21 日(星期四)上午 10 時

二、地點：本所簡報室（新北市新店區北新路 3 段 200 號 13 樓）

三、主席：陳組長 建忠　　記錄：張子宥

四、出席人員：(詳如簽到單)

五、列席人員：無

六、計畫主持人報告：

(一)本研究案目前研究進度符合預期，未受疫情影響，初步高塑性反復負載試驗結果顯示 550 MPa 等級鋼筋之國內外續接器產品已有一定數量之高塑性反復負載試驗結果，且大部分也能符合原計畫提案之檢驗方法，惟部分試體出現部分項目不符合現象，需要進一步檢討。

(二)計畫實際執行之試體試驗總數量符合預期，六月底前將完成 1/2 試驗，待第一次專家座談會和期中審查後，蒐集各方意見再調整後半期試驗細節。

七、討論事項及簡報：略。

八、會議結論：

(一)本計畫除研究檢驗細則之外，應說明 550 MPa 等級鋼筋未來由新材料新工法認可，調整併入規範成為常規用建築材料，所需適用之品管檢驗流程，包括公共工程和民間建築工程可能需要調整的法規和配套措施。

(二)各界殷切期盼混凝土結構設計規範開放使用 550 MPa 等級鋼筋，其效益包括成本、施工性及節能減碳等，或是可能衍生的疑慮如結構性能、材料品質管制、施工細則等，應於計畫作綱要說明。

(三)研究團隊之試驗規劃和期程掌控良好，宜盡速完成數

據分析以便於期中報告作較詳盡之說明。

(四)擬定六月中旬招開第一次專家座談會收集各方意見，後續辦理高強度 690 MPa 等級鋼筋之續接組件試驗。

九、散會：上午 11 時 30 分。

「高強度鋼筋機械式續接性能合格標準及驗證研究」

研究計畫

第一次工作協調會議簽到單

會議時間：109 年 5 月 21 日(星期四)上午 10:00~11:00

會議地點：內政部建築研究所大坪林辦公室 13 樓

計畫主持人：雲林科技大學 李宏仁 教授

協同主持人：國家地震工程研究中心 林克強 研究員/教授

出席委員簽到表

出席單位與人員	簽名
內政部建築研究所　陳建忠 組長	
內政部建築研究所　陶其驊 主任	
內政部建築研究所　李台光 研究員	李台光
內政部建築研究所　黃國倫 研究員	
雲林科技大學營建工程系 李宏仁 教授	
雲林科技大學營建工程系 張子宥 研究生	張子宥

列席單位與人員	簽名

附錄五 第一次專家座談會會議紀錄

內政部建築研究所「高強度鋼筋機械式續接性能合格標準及驗證研究」委託研究計畫

第一次專家座談會 會議紀錄

會議時間：109 年 06 月 12 日(星期四)上午 10:00-12:00

會議地點：內政部建築研究所大坪林辦公室 15 樓簡報室

計畫主持人：雲林科技大學 李宏仁 教授

協同主持人：國家地震工程研究中心 林克強 研究員

紀錄：國立雲林科技大學 張子宥 研究助理

出席委員：

內政部建築研究所	陳建忠 組長
內政部建築研究所	陶其駿 主任
內政部建築研究所	李台光 研究員
國家地震工程研究中心	黃世建 主任/教授
台灣大學土木工程學系	歐昱辰 教授
嘉德技術開發	何長慶 董事長
潤弘精密工程研究中心	王瑞禎 副總/博士
建國工程技術處	顏聖益 博士/結構技師
亞利預鑄工業	苗勵青 襄理
亞利預鑄工業	林湫湟 經理
台日國際工程顧問	蔡江洋 先生

列席人員：

研究助理	張子宥

會議議程：

1. 主持人簡報研究緣起及初步高塑性反復負載試驗結果。
2. 座談與討論高塑性反復負載試驗結果、規範修訂方向

與實務執行之疑慮。

3. 散會。

會議結論：

1. 新版規範草案之鋼筋機械式續接性能合格標準經小幅修改後可適用於 550 MPa 鋼筋。請研究團隊配合土水學會混凝土工程委員會更新規範草案。
2. 座談共識除 SA 級和 B 級外，宜再增加 A 級續接較為經濟。
3. 有關於試驗加載程序和殘留滑動量允收標準之定義，請研究團隊彙整資料和數據分析再行檢討，另發開會通知於第二次座談會討論。

第一次專家座談會內容概要

	專家意見	研究團隊回應
陳建忠 組長	1. 在訂定嚴謹高強度鋼筋規範之下，雖對於台灣耐震安全有幫助，但普遍業界施工品質無法跟上，是不是不利於整體產業的發展。	1. 感謝組長意見，本研究致力於修訂規範有關於機械式續接性能合格標準，亦包含續接器施工品質管理指引，期能讓業界有統一的標準和規範，落實續接器之材料品質檢驗和施工品質管制。
林淑湟 經理	1. 贊成在施作續接器試驗初步做一些彈性的預拉，避免同軸度造成初始滑動量過大的問題。 2. 可分SA、A、B級，並廣泛運用於適合位置。	1. 感謝委員意見，但CNS 15560試驗法禁止對續接樣品預拉。經綜合各委員意見，對於第16圈殘留滑動量0.3 mm過於嚴格，座談共識採用3支平均值降低失誤率，並研議可否採用相對於第2圈之差異滑動量為檢測指標。 2. 同意，本研究將建議分成SA級、A級、B級三等。
何長慶 董事長	1. 雖鋼筋續接器品質已逐漸穩定，但關於第16圈滑動量須小於0.3 mm，是否過於嚴格，是否能允許進行複驗，來保障業界。 2. 對於續接器試體是否能訂定出一套收樣標準，避免不合格試體進行試驗導致不合格之結果。	1. 感謝委員意見，為避免偶一組續接組件滑動量異常即判定不合格，將訂定複驗之標準，座談共識採用3支平均值降低失誤率，並研議可否採用相對於第2圈之差異滑動量為檢測指標。 2. 本研究案對於收件標準已有初步的研究，將針對續接器歪斜度做初步訂定，並於下次座談會討論。
顏聖益	1. 是否可以重新定義	1. 感謝委員意見，經綜合

博士/ 結構技師	第 16 圈滑動量，採用相對位移而不適絕對位移，來避免因續接器歪斜而造成的初始滑動量未達規範標準之疑慮。 2. 關於續接處續接位置，除 SA 及續接器之外不得擺放於梁柱塑鉸區，而柱上下柱深之半即為塑鉸區，對於基底柱可擺放位置過淺，是否可以放寬標準，將上方柱不常發生塑鉸處修訂可擺放續接器。 3. 現場作業之續接器與實驗室品質有一定的落差，是否通過標準即能代表現場續接器為合格?	各委員意見，對於第 16 圈殘留滑動量 0.3 mm 過於嚴格，座談共識採用 3 支平均值降低失誤率，並研議可否採用相對於第 2 圈之差異滑動量為檢測指標。 2. 感謝委員指導，目前新版規範草案已修訂，容許使用於柱構材中央 1/2 淨高內，有助於預組工法之發展。 3. 感謝委員建議，現場施工與實驗規範有落差，本研究案將會參考日本繼手指針，擬定續接器施工品質管理指引，期能有助於改善施工品質。新版規範草案 26.6.5 節已包含施工前性能試驗及施工中品質檢驗。實務上包含廠驗和材料進場檢驗程序，會彙整於期末報告書中說明。
蔡江洋 委員	1. 續接器與填充材應為共同廠商，避免責任規避問題。 2. 可分 SA、A、B 級，並廣泛運用於適合位置。	1. 同意，期末報告將增加關於續接器填充材之品質保證相關說明。 2. 同意，本研究將建議分成 SA 級、A 級、B 級三等。
苗勵青 襄理	1. 續接器試件在真實情況與實驗室中有所不同，是不是能更加模擬現場狀況進行實驗。	1. 感謝意委員意見，續接器在真實情況中有混凝土圍束，相較實驗室狀況之下相對於保守，而實驗室若要模擬真實清況進行試驗，其成本過高不合經濟效益。
王瑞禎	1. 是否可以圖說說明	1. 同意委員意見，遵照辦

副總/博士	各級續接器擺放位置，而不是以文字說明。 2. 在施作續接器試驗初步是否能做一些彈性的預拉，避免同軸度造成初始滑動量過大的問題。	理納入期末報告，將以表格和立面圖說明可能容許使用機械式續接之位置。 2. 感謝委員意見，但 CNS 15560 試驗法禁止對續接樣品預拉。經綜合各委員意見，對於第 16 圈殘留滑動量易受同軸度影響超出 0.3 mm，座談共識採用 3 支平均值降低失誤率，並研議可否採用相對於第 2 圈之差異滑動量為檢測指標。
歐昱辰 教授	1. 關於續接器試驗之塑性倍率決定為何使用 5.10 倍及 4.8 倍。 2. 建議可加續接器試件同軸度合格標準	1. 初步是以數值分析推估，相同的梁斷面變化不同等級的鋼筋配置，達到相同的彎矩強度情況下，鋼筋所達到的塑性倍率比值。 2. 感謝委員意見，本案確實會訂定同軸度允收標準，於下次座談會補充統計資料。
黃世建 主任/教授	1. 支持續接器分級制度納入 A 級,使長套筒續接器確實分級。 2. 希望研究案可以持續朝 690 MPa 以及大尺寸鋼筋進行 3. 若續接器標準過於嚴苛會使技術難以跟上，更不應該無限上綱規範內容用以寬限施工品質低落之現象。	1. 同意，本研究將建議分成 SA 級、A 級、B 級三等。 2. 同意，本研究案確有規劃施作 690 MPa 續接器組件，涵蓋大尺寸鋼筋，使規範將可適用至大尺度鋼筋。 3. 感謝委員意見，本案將針對滑動量過於嚴苛再行研議採用平均值或是相對滑動量方式測定，避免偶一失誤造成滑動量不合格之疑慮。另塑性倍率部分，下次座談

		會將再補充分析數據做為討論基準。
陶其駿 主任	1. 製造材料取樣與現地取樣之續接器是否有可能訂定不同之標準。	1. 感謝委員建議，現場施工與實驗規範有落差，本研究案將會參考日本繼手指針，擬定續接器施工品質管理指引，期能有助於改善施工品質。新版規範草案26.6.5節已包含施工前性能試驗及施工中品質檢驗。實務上包含廠驗和材料進場檢驗程序，會彙整於期末報告書中說明。

內政部建築研究所「高強度鋼筋機械式續接性能合格標準及驗證研究」委託研究計畫

第一次專家座談會簽到單

會議時間：109 年 6 月 12 日(星期五)上午 10:00~12:00
會議地點：內政部建築研究所大坪林辦公室 13 樓(簡報室)
計畫主持人：雲林科技大學 李宏仁 教授
協同主持人：國家地震工程研究中心 林克強 研究員/台科大合聘教授

出席委員簽到表

出席單位與人員		簽名
內政部建築研究所	陳建忠 組長	
內政部建築研究所	陶其駿 主任	
內政部建築研究所	李台光 研究員	
內政部建築研究所	黃國倫 研究員	
國家地震工程研究中心	黃世建 主任/教授	
台灣大學土木工程學系	歐昱辰 教授	
嘉德技術開發	何長慶 董事長	
潤弘精密工程研發中心	王瑞禎 副總/博士	
建國工程技術處	顏聖益 博士/結構技師	
亞利預鑄工業	苗勵青 襄理	
亞利預鑄工業	林淑湟 經理	
台日國際工程顧問	蔡江洋 先生	

列席單位與人員	簽名

附錄六 期中審查會議紀錄

內政部建築研究所「高強度鋼筋機械式續接性能合格標準及驗證研究」委託研究計畫

第一次專家座談會 會議紀錄

會議時間：109 年 07 月 9 日(星期四)上午 09:30-12:00

會議地點：內政部建築研究所大坪林辦公室 15 樓第 4 簡報室

計畫主持人：雲林科技大學 李宏仁 教授

協同主持人：國家地震工程研究中心 林克強 研究員

紀錄：雲林科技大學 張子宥 研究助理

出席委員：

內政部建築研究所	陳建忠 組長
內政部建築研究所	陶其駿 主任
內政部建築研究所	李台光 研究員
國家地震工程研究中心	林克強 博士
中華民國全國建築師公會	江支川 建築師
	王亭復 技師
	邱昌平 顧問
	陳正平 技師
	陳煥煒 副總經理
	曾慶祥 協理

列席人員：

研究助理	張子宥

會議議程：

4. 主持人簡報研究緣起及初步試驗結果。
5. 委員提供意見，協助本案研究，並完成期中審查。
6. 散會。

會議結論：

4. 新版規範草案之鋼筋機械式續接性能合格標準經小幅修改後可適用於 550 MPa 鋼筋。請研究團隊配合土水學會混凝土工程委員會更新規範草案。
5. 座談共識除 SA 級和 B 級外，宜再增加 A 級續接較為經濟。

期中審查會議內容概要

	專家意見	研究團隊回應
陳組長建忠	2. 各國訂定高強度鋼筋混凝土有所不同考量，台灣在參考他國規範時是否也需考量相似性再行借鑑。 3. 本所鋼筋續接器早已完成規範版本，請以本所名義提案簡化本土學會內部討論程序，提升本所小組作業成果。	1. 感謝組長意見，我國規範向來以美國 ACI 規範為藍本，故擬跟進 ACI 318-19 開放使用 550 MPa 等級鋼筋，續接器部分我國規範本來就有一套針對於台灣本土狀況而訂定之性能分級規範，相對美規更嚴格，期經本案研究後修訂適用範圍放寬至 550 MPa 等級鋼筋無虞。 2. 遵照辦理，主持人同時也是土水規範委員會成員，將在該委員會直接說明，有關於續接器規範細節修訂，直接併入新版規範之審議作業程序，提升本所小組作業成果。
中華民國全國建築師公會 江建築師支川	1. 續接器都在工地執行，是否會因為施工人員的技術水平而產生瑕疵 2. 如何發現續接器缺陷，如何改善。 3. 若工地需檢核一萬個續接點，當缺陷達多少整體趴數時，整體耐震能力可能不足。 4. 續接器材質應如實交代清楚。	1. 本研究除修訂規範有關於機械式續接性能合格標準，成果報告亦將包含續接器施工品質管理指引，期能讓業界有統一的標準和規範，落實續接器之材料品質檢驗和施工品質管制。 2. 本研究成果報告將包含續接器施工品質管理指引，期使現場施工及監造人員有所依循。 3. 同意，目前規範草案已包含檢驗頻率至少 1/100，檢驗、複驗不合格時同批次續接器須拒收拆除重作。 4. 感謝委員意見，成果報告

		附錄各樣式續接器會詳細說明材質並註明參考書目或有詳細規格書之網址。
王技師亭復	3. 依 ACI 318-14(19) R18.2.7 解說: (1) Type2(第二類)續接器應避免在塑鉸處。 (2) 若要塑鉸區續接,續接之性能應符合被續接鋼筋之應力-應變性質。 (3) 若不得以使用於塑鉸區,應予錯開。 據上述續接之伸長率應與原鋼筋伸長率相當,而非僅 6%。 4. 依 NIST GCR-30 因鋼筋未規定抗拉強度上限,則續接雖合於 Type2 規定,惟若規定最低抗拉強度與實際抗拉強度小很多,則塑鉸消能並未完成發揮作用,並不適合 Type2 續接,則建議新增 Type3 類續接並規定 Fu 有範圍或改以均勻伸長率大於 8%為合格標準。 5. 因建築技術規則規定強柱弱梁,若在塑鉸區(柱端)續接,則應計及套管強度以計算分配於上下柱,	1. 感謝委員意見,本研究了解美國 ACI 318-19 規範雖開放允許使用高強度鋼筋,但因為美方配套的續接器試驗和允收標準未更新且未經驗證,故 ACI 318-19 不開放 550 MPa Type2(第二類)續接器在塑鉸區續接,除非續接性能符合特定規範要求之應力應變特質,這就是本研究目的,依特定規範驗證 550 MPa Type2(第二類)續接器能否達到 SA 級續接性能,其中被續接鋼筋伸長率至少 6%以上,容許其用塑鉸區。依規範 ACI 318-14(19) R18.2.7 解說提到,雖然第 18.2.7 節所定義之第二類機械式續接不必採交錯配置,但仍鼓勵使用交錯配置。 2. 本研究充分了解 NIST GCR-30 報告建議 Type3,目前沿用之 SA 級標準,包含反復負載和滑動量試驗,伸長率標準 6%至 9%,不亞於 NIST GCR-30 報告建議之第三類續接性能。 3. 續接套管用於續接預鑄柱主筋時另有規定,在新版規範草案第

	此經常被忽略。 6. 為驗證若於柱端之鋼筋續接與不續接之能量消散比較，是否增做該梁或柱循環載種試驗。	18.6.2.2 節(ACI 318-19 18.9.2.2)，本研究擬訂 A 級續接性能，所謂有條件用於塑鉸區，就是指應符合 18.6.2.2 節各項檢核。 4. 過去已經測試過 690 MPa A 級續接套管在預鑄柱端塑鉸區續接，以及 690 MPa SA 級續接器在梁端塑鉸區(或接頭內)續接等情況，期末報告將展示過往實驗成果證明耐震性能符合要求。
邱顧問昌平	4. 多年前日本已完成 New RC 之應用，建研所及國震中心也相繼做了許多實驗及研究，但實際上超高強度鋼筋應用範圍究竟為何? 5. 關於續接器材料檢驗是否合格，有關填充材檢驗之部分非常重要，期望研究團隊能在後續說明其內容。 6. 在試驗報告中之備註，有關於標距內外斷筋或是拔出其代表何種意義，需特別說明之。	1. 感謝委員提醒，高強度鋼筋主要用於高樓結構之底部樓層因需承受高彎矩高軸力之構件，因鋼筋密度過高太過壅擠而有施工困難，使用高強度鋼筋和配套之續接器方可以克服施工瓶頸，節材省工。 2. 感謝委員意見，本研究除致力於修訂規範有關於機械式續接性能合格標準，成果報告亦將包含續接器施工品質管理指引，其中包含填充材檢驗程序，期能讓業界參考索引。 3. 在備註標示為續接器破壞之形式，標距內或外斷筋屬於隨機發生，標距外斷筋表示報告上之伸長率並非破斷伸長率，較接近均勻伸長

		率，或低於實際破斷伸長率。而砂漿填充式續接套管本來的破壞模式就是拔出，破壞模式並不做為等級判別之理由，而是應該看被續接鋼筋是否達到規定抗拉強度或伸長率，本研究測試的本來就只是日本規範 A 級的續接套管，拔出破壞模式和被被續接伸長率不足 6%研判是正常表現。
陳技師正平	3. 實務上之續接器除偏斜現象外，亦存在摩擦銲接接頭偏位情形。若無偏斜卻有偏位之情形造成安全疑慮，因此建議對偏斜及偏位訂定相應之允收標準。	3. 感謝委員意見，同意。目前本研究案觀察同軸度之問題，偏斜較容易造成初始滑動量過大，若採用相對滑動量亦可包含偏斜及偏位試體所造成之實驗誤差。期末報告將建議對接偏心不超過 1/10 鋼筋標稱直徑的建議。
陳副總經理煥煒	2. 同軸度檢測方法是否能更具體描述，若遇兩側鋼筋偏斜不一應如何處置。 3. 新規範版本將於年底頒布，是否能加緊腳步同時納入，完成 26.6.5 節內容之修正，避免後續使用上之麻煩。 4. 期中簡報資料中，請統一使用”銲”。	2. 感謝意委員意見，本研究已想出一套務實的同軸度簡易量測方法，將於期末報告完整說明。 3. 本研究案原先設定目標與委員提供意見一致，期許能與新規範審議編修作業同時完成。 4. 感謝委員意見，將予以修正。
曾協理慶祥	3. 本研究案研究內容及進度皆符合其中標準，無特殊意見。	3. 感謝委員肯定。

附錄七 期末審查會議紀錄

內政部建築研究所「高強度鋼筋機械式續接性能合格標準及驗證研究」委託研究計畫

期末審查 會議紀錄

會議時間：109 年 10 月 23 日(星期五)下午 02:30-06:00

會議地點：內政部建築研究所大坪林辦公室 15 樓第 4 簡報室

計畫主持人：雲林科技大學 李宏仁 教授

協同主持人：國家地震工程研究中心 林克強 研究員

紀錄：雲林科技大學 張子宥 研究助理

出席委員：

內政部建築研究所	陳建忠 組長
內政部建築研究所	陶其駿 主任
內政部建築研究所	李台光 研究員
國立台灣大學土木工程系	歐昱辰 教授
中華民國全國建築師公會	江支川 建築師
中華民國土木技師公會全國聯合會	林自勤 技師
	王亭復 技師
	邱昌平 顧問
	陳正平 技師
	陳煥煒 副總經理

列席人員：

研究助理	張子宥

會議議程：

7. 主持人簡報研究緣起及研究結果。
8. 委員提供意見，協助本案研究，完成期末審查。

9. 散會。

會議結論：

7. 新版規範草案之鋼筋機械式續接性能合格標準經小幅修改後可適用於 550 MPa 及 690 MPa 鋼筋。研究團隊已配合土水學會混凝土工程委員會更新規範修正案通過審議。
8. 相關規範案修正案將以附錄形式納入成果報告。

期末審查會議內容概要

	專家意見	研究團隊回應
陳組長建忠	4. 此案目前研究成果完整，是否能實際應用於業界與其做結合。	3. 感謝組長意見，除研究成果納入新版混凝土結構設計規範審議通過外。本研究續將配合學會辦理北中南規範變革說明會，協助業界技術更新。
邱顧問昌平	5. 期末報告附錄中有章節與其編號不符的部分，希望能加以改進。 6. 期許能提供續接器之材質細部圖甚至提供實體樣本。	5. 遵照辦理。期末報告附錄有多處排版及編號文字疏漏等，成果報告將詳細校閱訂正。 6. 感謝委員意見，本研究案所施作之續接組件皆為台日大鋼廠所提供，惟細部資訊屬於各廠發明，僅以電子檔形式存檔，不對外公開，以免侵權。但將增列參考書目指向續接器廠商資訊及產品詳細規格，報告本文不特別描述其資訊。
歐教授昱辰	1. 感謝建研所於此時加入研究，研究成果已納入新版RC規範草案，並已審通過，預計明年即可付諸實施，嘉惠工程界。	5. 感謝委員在本案研究中提供良好意見並與本案研究人員充分討論，協助本案研究成果納入規範修正案。
陳技師正平	4. 是否可以增加續接鋼筋長度以解決長套筒式續接器長度所造成之韌性差異問題? 5. 建議接器等級改以A級、B級、C級方式區	4. 感謝委員意見。目前國內無大型機台能施作加長型續接器組件之高塑性反復負載試驗，且若鋼筋過長在壓力段容易挫屈，故長度仍須符合CNS

	分，取代現有分級制度。	15560 試驗法為限。 5. 感謝委員意見。規範變更有其沿革，業界慣用 SA、A、B 等日規分級，前版混凝土設計規範分成第一類和第二類，為延續慣用稱謂和規範用語仍維持建議案分第三類(SA 級)、第二類(A 級)、第一類(B 級)。
陳副總經理 煥煒	5. 配合國內新版「混凝土結構設計規範」即將實施，有必要提供一個續接器性能合格標準，此研究可作為官方統一版本的參考依據。 6. 高強度鋼筋如採用搭接方式施作，梁部分因搭接長度過長採用彎鉤，而代替彎鉤之T頭是否亦有相關研究。	5. 感謝委員肯定，本研究相關成果及規定已納入新版混凝土結構設計規範修正案，確實可作為官方統一版本的參考依據。亦將建議同步更新工程會施工綱要規範 03210 章。 6. T頭雖不在本案範圍，但類似之檢驗標準亦同步納入新版混凝土結構設計規範，即將公布。
中華民國全國建築師公會 江建築師 支川	4. 鋼筋續接器如研究分析，應有一定的強度與信賴性，但在工地施作人為的瑕疵應如何避免? 5. 續接器應為應力傳遞之關鍵點，除原先優點之外是否也有缺點? 6. 續接器的材質與使用部位有否關聯或限制?	1. 感謝委員意見，目前續接器相關規範已有制定其檢驗頻率已檢測其等級，另外此研究將會舉辦成果說明會，預期能向各位工程人員宣導續接器各方事項，望以各方工程先進力量改善台灣工程施工品質。相關規定於新版規範第 26.6.5 節 2. 在具有嚴格品管與檢驗確保施工品質條件

		下，使用續接器取代搭接具有省工省料省時等優勢，惟使用在鋼筋可能降伏的區域，設計時須特別作安全檢核。 3. 續機器相關續接位置及其規定已納入新版混凝土結構設計規範第 18.2.7 節和 18.6.2 節，期末報告中有簡單示意圖。
王技師亭復	1. 高強度鋼筋機械式續接其強度性能及使用規定與本案中研究甚為完整，但在構材中其韌性係數及能量消散是否相近，是否宜在後續研究計畫中做分析試驗加以驗證。 2. 在 NIST-2014 中有關伸長率建議值為 8%，在本案中規定為不同建議值且其伸長率為何? 3. 建議高塑性反復負載試驗可否較簡化如 ICC-ESAC133 或中國鋼筋機械連接技術規程。	1. 感謝委員意見。後續碩士論文研究將持續完成有關於續接器於構材韌性係數及能量消散相關研究，甚至包括試驗研究。 2. 在 106 年度的鋼筋機械式續接研究計畫，已訂定伸長率指標為破斷伸長率，本研究除新增 A 級及其相關規定之外，伸長率允收標準仍沿用 106 年度研究建議案。 3. 感謝委員意見。此次研究所採用之高塑性反復負載試驗沿用業界慣用之 SA 級標準，期望後續續接器於構材韌性係數及能量消散相關研究能簡化加載程序。
中華民國土木技師公會全國聯合會林技師自勤	1. 期末報告附錄中有些許文書部分錯誤，希望能加以改進。 2. 在圍束區及上下構	1. 感謝委員意見，成果報告將仔細校閱訂正。 2. 關於此處鋼筋續接器規定已於新版混凝土

	材兩倍深度內無法放置 A 級以下續接器，對於大構件通常過長，使否改進?	結構設計規範第 18.2.7.2 節制定特別款，容許使用於柱構材中央 1/2 淨高內。

附錄八 109 年度「高強度鋼筋機械式續接性能合格標準及驗證研究」成果說明會



內政部建築研究所
Architecture and Building Research
Institute, Ministry of the Interior

109 年度「高強度鋼筋機械式續接性能合格標準及驗證研究成果說明會」計劃書

主辦單位:內政部建築研究所

執行單位:國立雲林科技大學

中華民國 109 年 9 月

109 年度「高強度鋼筋機械式續接性能合格標準及驗證究」成果說明會

主辦單位:內政部建築研究所

執行單位:國立雲林科技大學

一、研究緣起

目前我國部頒版「混凝土結構設計規範」內容主要是參考美國混凝土學會 ACI 318-05 規範，其中耐震梁柱構架及剪力牆主筋降伏強度等級上限為 420 MPa。近 15 年來 ACI 318 規範經過共 4 次修訂，內容及架構已大幅變革，其中最大的變革是 ACI 318-19 規範放寬耐震梁柱構架及剪力牆主筋使用高強度 550 MPa 和 690 MPa 等級鋼筋。結構使用高強度鋼筋可以降低鋼筋用量，不僅經濟且有助於舒緩梁柱接頭或剪力牆鋼筋過於擁擠、難以施工的問題。我國國家標準 CNS 560 鋼筋規格 2018 年新增 550 MPa 和 690 MPa 等級鋼筋，國內亦有鋼廠能生產，各界期盼我國混凝土結構規範能跟進 ACI 318-19 規範允許耐震結構使用高強度鋼筋。

為期使我國規範能與時俱進，內政部建研所陸續於 105 及 106 年辦理「混凝土結構技術規範之修正研擬」和「建築工程鋼筋機械式續接性能基準及驗證研究」計畫，完成「新版混凝土結構設計規範草案」刻正進行審議，惟草案內容係以 ACI 318-14 規範為藍本，審議期間部分內容參考 ACI 318-19 規範修訂，修正版本預期將允許耐震結構系統使用高強度鋼筋。國人房屋住宅多數為鋼筋混凝土造，近年來都會區建築物有趨向高樓化，需要使用較大號徑或較高強度鋼筋，因此鋼筋使用機械式續接較美國更為普遍。因應修正版擬允許使用高強度鋼筋 SD550W 和 SD690。109 年度續辦理「高強度鋼筋機械式續接性能合格標準及驗證研究」，建議修正部分試驗程序和合格標準，經實驗證明修正版後可適用於 SD550W 和 SD690 鋼筋。納入「新版混凝土結構設計規範」第 26.6.5 節。

二、課程規劃

【109 年 11 月 13 日(星期五)上午】

地點:新北市新店區大坪林聯合開發大樓 15 樓第一講習教室

時間	議題	主持人
08:30~09:00	報到	
09:00~09:20	長官致詞	建研所長官
09:20~10:10	混凝土設計規範之最新變革： 允許使用高強度鋼筋	計畫主持人李宏仁教授
10:10~11:00	鋼筋機械式續接之設計、施工與檢驗說明	計畫主持人李宏仁教授
11:00~11:10	中場休息	
11:00~11:50	鋼筋續接擴頭錨定之相關規定說明	共同主持人林克強教授
11:50~12:10	綜合討論	計畫主持人李宏仁教授

三、說明會日期及地點

於 109 年 11 月 13 日上午於新北市新店區大坪林聯合開發大樓 15 樓第一講習教室舉辦。

四、研討會對象

1.中央政府機關、縣市政府之建築/營建/土木相關部門，及大專院校相關科系所教授、研究生、學生等。

2.建設公司、營造廠、工程顧問公司、相關製造商、試驗室、結構技師、土木技師等。

五、報名費用及方式

1. 本案屬免費推廣講習，名額限 60 人。

2. 另規劃錄影後上載至本所官網或直播。

六、研習證明(僅提供予全程參予者，以實際簽到為準)

1. 行政院公共工程委員會技師換證積分證明書

2.內政部營建署建築師執照換證積分證明書

3.公務人員學習時數登錄

七、線上報名資訊

學員姓名	
服務單位	
職稱	
電子郵件信箱	
連絡電話	
通訊地址	
供餐	
是否需登錄積分	□是，請勾選類別: □公務人員、□建築師、 _____技師，請填寫身分證字號 _____ □否
課程時數	3 小時
允許報名人數	60 人
內容	一、　名額有限，依報名順序額滿為止。 二、　邀請對象: 1.中央政府機關、縣市政府之建築/營建/土木相關部門，及大專院校相關科系所教授、研究生、學生等。 2.建設公司、營造廠、工程顧問公司、相關製造商、試驗室、結構技師、土木技師等。 三、報名規則如下: 1.以規劃額度，報名順序及機關(單位)總報名人數　　等，統籌分配錄取參訊人數。 2.公務人員參與本次教育訓練者將提供學習時數。 3.技師需認證時數者，務必於報名系統提供資

	料　(如:欄位「技師科別」)。 4.建築師參與本次教育訓練者將提供相關研習證明。

八、防疫措施

1.大型活動應採取實名制，確實執行人流管制及環境的清潔消毒。

2.先行完成集會活動場所空間及相關用具（如麥克風、桌椅等）清潔與消毒作業。

3.進入活動會場前對參加者施行體溫量測， 落實手部衛生酒精消毒。

4.活動期間參加者為固定位置，室內保持至少 1.5 公尺社交距離，如無法維持社交距離，應要求參加者於活動期間全程配截口罩。

5.工作人員得於活動現場即時衛教，並於活動會場張貼宣導圖示，配合避免疾病傳播之行為。


內政部建築研究所
高強度鋼筋機械式續接性能合格標準及驗證研究
立即可行建議一：
於〔混凝土結構設計規範修正版〕第18章及26章修定鋼筋續接器試驗法及續接性能合格要求：
➢放寬適用f_y適用範圍至7,000 kgf/cm² [690 MPa]之鋼筋。
➢新增第三類(SA級)機械式續接要求為韌性接合，可用於地震時鋼筋可能降伏並承受多次反復非彈性應變之位置。
➢調整高塑性反復負載試驗之加載程序(塑性倍率)。
➢彈性域16回疲勞滑動量評估建議調整為第16回對第1回之差異滑動量。
➢明訂三類續機械式續接器適用位置。
立即可行建議二：
修正工程會〔施工綱要規範03210
式續接
EXIT


我國建築技術規則、設計規範與引用標準之架構
Code structure in Taiwan
Proposal
Approval
Building laws
規則
建築主管機關
(內政部)
立法院
Building codes
規範
土木水利工程學會
建築主管機關
(內政部)
Standards Specification
標準與規格
政府機關
經濟部標檢局、工程會等
U.S. customary
Taiwan customary
3.2.4 ASTM International
CNS
A706/A706M—Standard Specification for Deformed and Plain Low-Alloy Steel Bars for Concrete Reinforcement
CNS 560-鋼筋混凝土用鋼筋 (2018)
A 1034/A1034M—Standard Test Methods for
2015)
EXIT


內政部建築研究所
高強度鋼筋機械式續接性能合格標準及驗證研究
立即可行建議一：
於〔混凝土結構設計規範修正版〕第18章及26章修定鋼筋續接器試驗法及續接性能合格要求：
放寬適用f_y適用範圍至7,000 kgf/cm² [690 MPa]之鋼筋。
新增第三類(SA級)機械式續接要求為韌性接合，可用於地震時鋼筋可能降伏並承受多次反復非彈性應變之位置。
調整高塑性反復負載試驗之加載程序(塑性倍率)。
彈性域16回殘餘滑動量評估建議調整為第16回對第1回之差異滑動量。
明訂三類續機械式續接器適用位置。
立即可行建議二：
修正工程會〔施工
筋〕第2.2節機械式續接
YunTech
EXIT

資料來源：本研究製作

附錄九 混凝土結構設計規範修正案

第二章 符號與名詞定義

2.1 範圍

2.1.1 本章定義使用於本規範之符號及名詞。

2.2 符號

A_b=單根鋼筋或鋼線之面積，cm^2 [mm^2]。

E_j=鋼筋續接試體加載試驗曲線中擷取 $0.05P_y$ 至 $0.70P_y$ 間之割線彈性模數，kgf/cm^2 [MPa]。

f_y=非預力鋼筋之規定降伏強度，kgf/cm^2 [MPa]。

L_g=量測鋼筋續接試體軸向變形之標定長度，cm [mm]。

P_y=$A_b f_y$，對應於鋼筋最小規定降伏強度之軸向力，kgf [N]。

$(\delta_s)_{1c}$=單向拉伸試驗加載至 $0.95P_y$ 再減載至 $0.02P_y$ 時之殘留滑動量，cm [mm]。

$(\delta_s)_{30c}$=重複負載試驗加載至 $0.95P_y$ 再減載至 $0.02P_y$ 重複 30 回時之殘留滑動量，cm [mm]。

$(\delta_s)_{16c}$=高塑性反復負載試驗施加拉力至 $0.95P_y$，再反向加壓至-$0.50P_y$ 重複 16 回到標稱零載重之殘留滑動量，cm [mm]。

$(\delta_s)_{24c}$=高塑性反復負載試驗第 24 回測取之當次滑動量，cm [mm]。

$(\delta_s)_{32c}$=高塑性反復負載試驗第 32 回測取之當次滑動量，cm [mm]。

δ_y=$L_g f_y / E_s$，鋼筋標稱降伏伸長量，cm [mm]。

接合部 (connection)

連接二或更多構材之結構區域；接合部也可指連接一或更多預鑄構材的區域。

韌性接合部 (connection, ductile)

連接一或更多預鑄構件間之接合部，發生地震設計位移時會產生降伏之處。

強化接合部 (connection, strong)

連接一或更多預鑄構件間之接合部，當鄰接構材於地震設計位移達到降伏時，該接合部仍保持在彈性範圍。

第十八章　耐震結構物

18.1　範圍

18.1.1 本章適用於耐震非預力與預力混凝土結構物之設計，適用情況包括：

(a) 設定為抵抗地震力系統一部分之結構系統，包括橫膈版、抗彎矩構架、結構牆、與基礎。

(b) 非設定為抵抗地震力系統一部分之構材，但因地震效應產生變形時須承擔其他載重者。

18.1.2 按本章條文所設計的結構物，旨在藉由特定構材之韌性非彈性反應來抵抗地震振動。

解說：

第 18 章包含適用能承受一系列非彈性反應之震盪，而不產生嚴重強度衰減之場鑄或預鑄混凝土結構物之最低要求條文。結構在非彈性反應時宜維持其整體性，此因「建築物耐震設計規範及解說」所定義之設計地震力小於在預期地震強度下線性反應之值。

第 18 章之設計理念為場鑄混凝土結構物，在設計等級之地動下產生勁度下降、消能增加、但無嚴重強度衰減之非線性反應。除第 18.6.2.3 節與第 18.8.2.5 節允許替代降伏機制之預鑄構造外，按第 18 章設計之預鑄混凝土結構物旨在仿效場鑄結構。相較於結構維持線彈性與低阻尼之反應，勁度下降與消能增加之合併效應，趨向於降低加速度反應與側向慣性力 (Gulkan 與 Sozen 1974)。因此抵抗地震力系統在反復位移作用下進入非彈性反應，須維持其大部分強度，方能使用如「建築物耐震設計規範及解說」之設計力來代表地震效應。

18.2.6 特殊抗彎矩構架與特殊結構牆之鋼筋

18.2.6.1 特殊抗彎矩構架與特殊結構牆之鋼筋應符合第 20.2.2 節中特殊耐震系統之規定。

解說：

耐震系統之非預力鋼筋須符合第 20.2.2.4 與 20.2.2.5 節之規定。自本版規範開始，允許於特殊結構牆以及包含連接梁與牆墩之所有特殊結構牆元件中，使用 CNS 560 中 f_y=5,600 kgf/cm^2 [550 MPa]的鋼筋抵抗彎矩、軸力與剪力。另允許於特殊抗彎矩構架中使用 CNS 560 中 f_y=5,600 kgf/cm^2 [550 MPa]之鋼筋。測試與分析研究結果顯示(NIST 2014；Sokoli 與 Ghannoum 2016)，若採韌性鋼筋配置，使用 f_y=5,600 kgf/cm^2 [550 MPa]鋼筋的特殊抗彎矩構架之梁與柱，與使用 f_y=4,200 kgf/cm^2 [420 MPa]鋼筋之構材有相似的強度與變形容量。

為允許 f_y=5,600 kgf/cm^2 [550 MPa]鋼筋的使用，本版規範包含橫向鋼筋間距的限制，以能提供適當的縱向鋼筋側向支撐，以控制縱向鋼筋之挫屈。在特殊抗彎

矩構架中，f_y=5,600 kgf/cm^2 [550 MPa]鋼筋的使用須增加接頭深度，以避免穿過梁柱接頭梁筋的過度滑移(第 18.5.2.3 節)。

鋼筋抗拉強度須大於降伏強度之規定 (第 20.2.2.5 節) 係基於如下假設：結構構材發展非彈性旋轉容量之能力與沿構材軸向之降伏區域長度有關。實驗結果之觀察顯示，降伏區域長度與標稱彎矩對降伏彎矩之比例有關。根據此觀察，標稱對降伏彎矩之比例越大，降伏區域越長。對於 CNS 560 SD420 鋼筋而言，第 20 章規定實際抗拉強度對實際降伏強度之比值至少應為 1.25。

關於 f_{yt} 值之限制適用於所有型式之橫向鋼筋，包括螺箍筋、圓形閉合箍筋、直線型閉合箍筋與繫筋。研究結果 (Budek 等人 2002；Muguruma 與 Watanabe 1990；Sugano 等人 1990) 顯示較高降伏強度鋼筋可有效地作為如第 18.4.5.4 節規定之圍束鋼筋使用。某些特殊耐震系統構材之剪力設計允許將應力增加至 5,600 kgf/cm^2 [550 MPa]，係因過去的研究顯示構材能發展至對應之設計剪力強度 (Sokoli 與 Ghannoum 2016； Kabeyasawa 與 Hiraishi 1998；Aoyama, 2001；Budek 等人 2002；Cheng 等人 2016；Huq 等人 2018)。按第 20.2.2.4 節之規定計算標稱剪力強度時，對 f_{yt} 值設定 4,200 kgf/cm^2 [420 MPa]之上限，係為限制使用載重下之裂縫寬度，對受設計等級地震力作用之抵抗地震力系統之構材而言，使用等級之裂縫寬度限制無須考慮。

18.2.7 特殊抗彎矩構架與特殊結構牆之機械式續接

解說：

地震時結構體若產生非彈性變形，其鋼筋產生之拉應力可能接近於抗拉強度。第二類機械式續接之要求，係為防止當鋼筋受到降伏區域預期之應力大小時產生續接破壞，第三類機械式續接之要求，則係為使鋼筋達韌性接合，可用於地震時鋼筋可能降伏並承受多次反復非彈性應變之位置。第一類機械式續接以及第二類機械式續接可能無法抵抗降伏區域引致之應力與多次反復非彈性應變，因此這些機械式續接之位置受到限制。第一類機械式續接以及第二類機械式續接之限制條件適用於所有抵抗地震效應之鋼筋，包含橫向鋼筋。

細部配置之實務建議會排除在抵抗地震效應之構材可能降伏區域使用續接，若無法避免在可能降伏區域使用機械式續接，則得有文件說明被續接鋼筋之實際強度特性、續接後鋼筋之力與變形特性、以及所使用之第三類機械式續接符合規定性能要求之能力。

雖然第 18.2.7 節所定義之機械式續接不必採交錯配置，但仍鼓勵使用，且為考量施工性，採交錯配置可能是必要的，或在續接位置四周提供足夠的空間以利安裝或符合淨間距之規定。

18.2.7.1 機械式續接應分為(a)、(b)或(c)類：

(a) 第一類－符合第 25.5.7 節及第 26.6.5 節規定之機械式續接。

(b) 第二類－符合第 25.5.7 節及第 26.6.5 節規定且能使被續接鋼筋發展至規定抗拉強度之機械式續接。

(c) 第三類－符合第 25.5.7 節及第 26.6.5 節規定且能使被續接鋼筋發展至規定抗拉強度並承受多次反復非彈性應變之機械式續接。

解說：

ACI 318 規範 1995 年版只規定第一類機械式續接須能發展 1.25 f_y 之抗拉或抗壓強度，惟相鄰鋼筋機械續接位置要交錯 60 cm 以上。1999 年後增加第二類機械式續接可使用於任何位置，但額外要求第二類機械式續接須能使被續接鋼筋發展至規定抗拉強度 f_u。依 26.6.5 節之額外規定，本版規範新增第三類機械式續接，係為使機械式續接可用於地震時鋼筋可能降伏並承受多次反復非彈性應變之位置。

我國 2015 年方訂定 CNS 15560 鋼筋機械式續接試驗法，惟鋼筋機械式續接之檢驗頻率及合格標準則應由各主管機關另訂規範之。2015 年以前鋼筋機械式續接並無國家標準，業界多半參考其他續接器規範(中國土木水利工程學會 1998-混凝土工程設計規範與解說(土木 401-86)附錄乙；內政部營建署及內政部建築研究所 1999；中華民國結構工程學會 2007)。土木 401-86 附錄乙(1998)續接器依機械性能分成 SA 級、FA 級、A 級與 B 級，其中 FA 級適用於具有高週次疲勞問題之續接位置，建築工程慣用之續接器依機械性能分成 SA 級、A 級與 B 級。本規範規定之第三類機械式續接性能與業界慣用之 SA 級相近，第二類機械式續接性能與 A 級續接相近，而第一類機械式續接性能則與 B 級續接相近，惟前開續接器規範試驗方法與 CNS 15560 有差異，經內政部建研所(李宏仁等人 2017、2020)彙整各方意見建議新增第 26.6.5 節規定鋼筋機械式續接之檢驗頻率及合格標準。

18.2.7.2 除第三類機械式續接外，其他機械式續接應不使用於特殊抗彎矩構架之梁或柱接頭面起算兩倍構材深度範圍內，或因側向位移超過線性行為範圍外時，導致鋼筋可能降伏之臨界斷面處起算兩倍構材深度範圍內，但容許使用於柱構材中央 1/2 淨高內。除第 18.6.2.1 節(c)所述外，第三類機械式續接應可使用於任何位置。

18.6 預鑄混凝土造之特殊抗彎矩構架

18.6.1 範圍

18.6.1.1 本節應用於構成抵抗地震力系統一部分之預鑄混凝土造特殊抗彎矩構架系統。

解說：

第 18.6.2.1 節與第 18.6.2.2 節之細部配置條文，旨在產生於設計地震位移下之反應與一體澆置特殊抗彎矩構架相同之構架。

18.6.2 通則

18.6.2.1 預鑄混凝土造具韌性接合之特殊抗彎矩構架須符合(a)至(c)之規定：

(a) 第 18.3 至 18.5 節關於場鑄混凝土造之特殊抗彎矩構架之規定。

(b) 按第 22.9 節之規定計算之接合部 V_n 應至少為 $2V_e$，此處 V_e 應符合第 18.3.5.1 節或第 18.4.6.1 節之規定。

(c) 梁鋼筋之機械式續接應離接頭面應不小於 $h/2$，且應符合第 18.2.7 節之規定。

18.6.2.2 預鑄混凝土造具強接合部之特殊抗彎矩構架須符合(a)至(e)之規定：

(a) 第 18.3 至 18.5 節關於場鑄混凝土造之特殊抗彎矩構架之規定。

(b) 第 18.3.2.1(a)節條文應適用在設計地震位移作用下，撓曲降伏預期發生處之間的區段

(c) 強接合之設計強度 ϕS_n 應至少為 S_e。

(d) 主要縱向鋼筋應以機械式續接使其連續穿過接合部且應於強接合部外與塑鉸區外發展其強度。

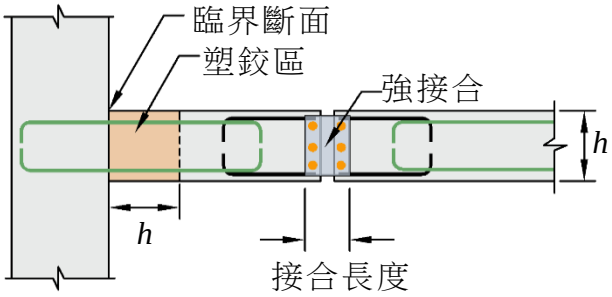
(e) 對柱對柱的接合部而言，ϕS_n 應至少為 $1.4S_e$。在樓層高度內，ϕM_n 應至少為 $0.4M_{pr}$，且 ϕV_n 按第 18.4.6.1 節之規定，應至少為 V_e。

解說：

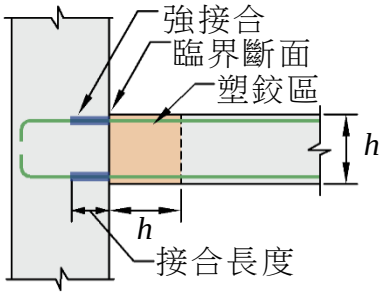
由混凝土構件與韌性接合部所構成之預鑄構架系統，預期會在接合部分產生撓曲降伏。韌性接合部鋼筋可採第三類(SA 級)機械式續接使其連續，或其他技術使其於受拉或受壓時，至少能發展至鋼筋之規定抗拉強度 (Yoshioka 與 Sekine 1991；Kurose 等人 1991；Restrepo 等人 1995a、b)。機械式續接器之規定為除第 18.2.7 節外附加之規定，旨在避免應變集中發生於續接器附近一小段鋼筋長度上。第 18.6.2.1 節提供剪力強度額外之規定，以防止接合面產生滑移。具韌性接合構件組成之預鑄構架，可設計促使其降伏區域非緊鄰接頭。因此，按第 18.3.5.1 節或第 18.4.6.1 節規定之設計剪力 V_e 可能不保守。

具強接合構件組成之預鑄混凝土構架系統，旨在接合部外產生撓曲降伏。強接合部包括機械式續接器或續接套管之長度，如圖 R18.6.2.2 所示，強接合部鋼筋可採第二類(A 級)機械式續接使其連續穿過接合部。第 18.6.2.2(c)節使用容量設計之方法以確保強接合在塑鉸形成後仍維持彈性。額外關於柱的規定係為避免在柱與柱接合部產生塑鉸及強度衰減。

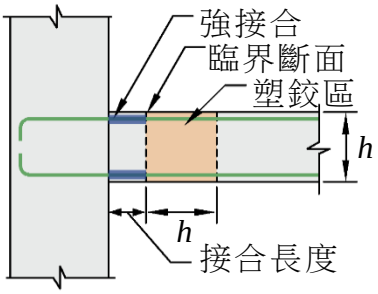
根據預鑄梁柱接合之實驗室試驗之觀察，在機械式續接面因應變集中而導致鋼筋之脆性斷裂 (Palmieri 等人 1996)。強接合部之位置得謹慎選擇，或者得採取其他措施，例如在高應力區使鋼筋不與混凝土產生握裹，以避免鋼筋因應變集中而發生早發斷裂。



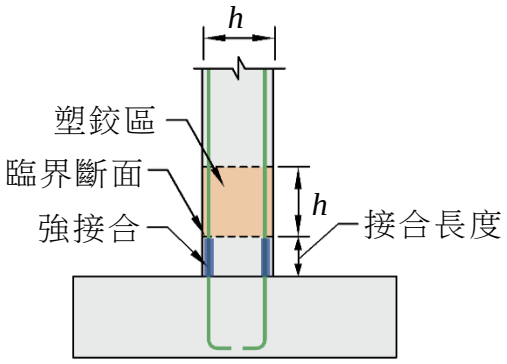
(a) 梁與梁接合



(b) 梁與柱接合



(c) 梁與柱接合



(d) 柱與基礎接合

圖 R18.6.2.2 強接合例

18.6.2.3 不符合第 18.6.2.1 節或第 18.6.2.2 節規定之預鑄混凝土造之特殊抗彎矩構架須符合(a)至(c)之規定：

(a) 提出如何建立設計流程以及如何透過分析與試驗加以驗證之程序。

(b) 實驗試體的細部配置與材料應能代表真實結構的情況。

(c) 用以設計實驗試體之設計流程應定義構架抵抗重力與地震效應之機制，且應建立維持該機制之可接受值。該機制偏離規範規定之部分應涵蓋於實驗試體中，且應加以測試以決定可接受值之上限。

解說：

過去實驗研究已顯示不符合第 18 章規定要求之預鑄構架系統，可提供令人滿意的耐震性能特性 (Stone 等人 1995；Nakaki 等人 1995)。對該類型之構架，國內尚未有相關方法可供參考，建議可參照 ACI 374.1 所提出如何建立設計流程以及如何透過分析與試驗加以驗證之程序。設計流程宜確認構架抵抗重力與地震效應之載重路徑或機制。試驗宜設計能研究臨界行為，且量測之物理量宜建立載重路徑各元件可接受值之上限，可能包括應力、力量、應變或其他物理量之限制值。用以設計結構之設計流程不宜偏離用以設計實驗試體者，且可接受值宜不超過試驗所顯示之可接受值。

結構所使用的材料與元件宜與試驗相似。偏離可能可接受，前提是設計者能證實該偏離對構架系統行為無不利之影響。

ACI 550.3 按第 18.6.2.3 節之規定，針對某一類特殊預鑄混凝土抗彎矩構架提出設計要求。

18.7.2.3 結構牆中所有鋼筋，其伸展或續接應符合第 25.4、25.5 節受拉鋼筋發展至 f_y 之規定。此外，再參照下列規定：

(a) 除在牆之頂部外，縱向鋼筋須在該筋不需承受撓曲應力處之上延伸至少 365 cm，惟不須延伸超過上一樓版上方 ℓ_d 之距離。

(b) 因側向位移使縱向鋼筋可能降伏處，其伸展長度須以受拉至 f_y 計得之值再乘以 1.25 倍。

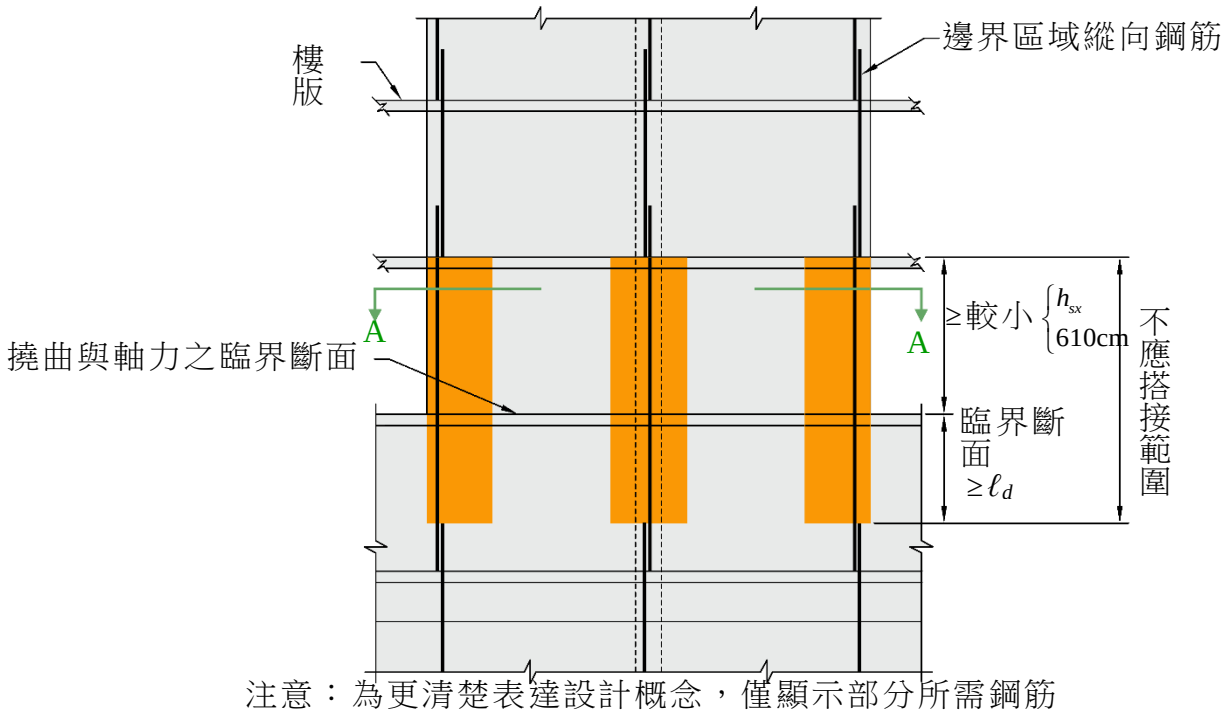
(c) 在因側向位移可能造成縱向鋼筋降伏的臨界斷面上方一個高度 h_{sx} 與下方 ℓ_d 的範圍內，牆邊界區域內的縱向鋼筋不應搭接，h_{sx} 之值不需超過 610 cm。邊界區域包含第 18.7.6.4 節(a)所規定長度內的區域，以及牆與牆交接區域外一個牆厚長度內的區域。

(d) 鋼筋使用機械式續接者，須符合第 18.2.7 節之規定；使用銲接續接者須符合第 18.2.8 節之規定。

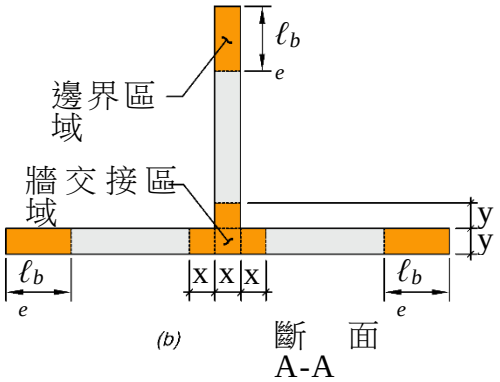
解說：

本節要求係根據第 25 章之規定，並考量結構牆之特殊情況以及高強度鋼筋的使用而得。由於結構牆縱向鋼筋承受的真實力量可能超過計算值，因此要求所有鋼筋宜能充分伸展或續接達其拉力降伏強度。結構牆中縱向(垂直)鋼筋的終止應加以指定，使鋼筋自不須抵抗設計撓曲與軸力高程處向上繼續延伸；將鋼筋延伸至向上一樓層上方 ℓ_d 之距離為達到此要求的一種實務作法。365 cm 之限制係為考量當樓層高度很大時之情況。鋼筋終止應沿著牆高上逐步實施，且不應靠近縱向鋼筋預期會產生降伏的臨界斷面，對牆斷面沿牆高上均勻或近似均勻分佈的牆而言，臨界斷面一般位於牆底。隨著牆體側向變形的增加，鋼筋的應變硬化會使塑性區域向臨界斷面外散布。研究顯示(Aaletti 等人 2012；Hardisty 等人 2015)應避免於牆中預期會產生撓曲降伏的位置進行鋼筋的搭接，例如牆底部，因為鋼筋搭接可能導致較大之局部應變和鋼筋斷裂。圖 R18.7.2.3 顯示不允許使用搭接的邊界區域。

在牆縱向鋼筋可能降伏處，使用 1.25 之乘數係考量鋼筋之真實降伏強度可能會超越規定降伏強度，並擬包含鋼筋應變硬化與地震反復式載重之影響。當有橫向鋼筋配置時，直線與彎鉤之伸展長度可分別依據第 25.4.2 與 25.4.3 節之規定縮短，這是因為緊密排置之橫向鋼筋可以提升續接與彎鉤在重複非線性需求下之性能。



(a) 立面圖



(b) 斷面 A-A

圖 R18.7.2.3 不應搭接之牆邊界區域之高度範圍

18.7.2.5 連接梁之鋼筋應按第 25.4 節、第 25.5 節與(a)與(b)之規定以受拉至 f_y 進行伸展或續接設計：

(a) 若連接梁之鋼筋按第 18.3.3.1 節之規定設計，則縱向鋼筋之伸展長度應為 1.25 倍按受拉至 f_y 計得之值。

(b) 若連接梁之鋼筋按第 18.7.7.4 節之規定設計，則對角向鋼筋之伸展長度應為 1.25 倍按受拉至 f_y 計得之值。

18.8 預鑄特殊結構牆

18.8.1 範圍

18.8.1.1 本節之規定適用於構成部分抵抗地震力系統之預鑄特殊結構牆。

18.8.2 一般規定

18.8.2.1 預鑄特殊結構牆應符合第 18.7 節之規定，惟第 18.7.2.4 節不適用於變形需求集中於版接頭之預鑄牆。

18.8.2.2 於牆版間或牆版與基礎間之接合處，降伏應侷限於鋼元件或鋼筋。

18.8.2.3 設計為不降伏之接合元件，其需求強度應基於接合部降伏部分之 **$1.5S_y$**。

18.8.2.4 於耐震結構物中，牆墩應按 18.7.8 或 18.11 之規定設計。

解說：

預鑄牆版間或牆版與基礎間之接合部需能抵抗地震動所引起的力量，且允許接合部附近產生降伏，宜使用第三類機械式續接。當使用第二類機械式續接直接連接主鋼筋時，續接之可能強度宜至少為鋼筋規定降伏強度之 1.5 倍。

18.9.7.3 用以抵抗集力構件力、橫膈版剪力或撓曲拉力之鋼筋，其伸展或續接應達 f_y 之拉力強度

18.9.7.4 鋼筋之機械式續接若用於抵抗地震力系統中傳遞橫膈版與豎向構件間之力量時，應採用第三類機械式續接。

26.6.5 機械式續接

26.6.5.1 檢驗頻率

(a) 鋼筋機械式續接檢驗包含施工前性能試驗及施工中品質檢驗。

(b) 鋼筋機械式續接施工前應出具最近試驗室辦理相同製造廠同型號續接組件之性能試驗合格報告，並經監造單位核准。

(c) 鋼筋機械式續接施工期間施工廠商應全數執行外觀檢查，並依下表辦理工地取樣執行 26.6.5.2 節之試驗。

表26.6.5.1 鋼筋機械續接施工期間最低取樣頻率

試驗項目	第三類(SA級)或第二類(A級)機械式續接 取樣頻率	第一類機械式續接(B級) 取樣頻率
單向拉伸及滑動試驗	1/100	1/100
重複負載及滑動試驗	不適用	1/1000
高塑性反復負載試驗	1/1000	不適用

(d) 工地取樣須具有代表性，應由工地內已完成加工之鋼筋及續接組件中抽樣，並在工地比照實際施工程序完成組裝，送試驗室試驗合格後再澆鑄混凝土。

(e) 工地取樣試驗結果不符 26.6.5.2 節規定時，應依 CNS 2608 之規定進行重驗，如重驗結果符合規定時，該批續接組件視為合格。若重驗結果仍不合格時，該批續接組件應予以拒收。重驗以一次為限。

(f) 外觀檢查應包括位置、型式、密合度、同軸度等項目。

解說：

(a)(b)鋼筋機械式續接之品質管制包含材料與施工，選擇續接器廠商時，宜要求該續接器廠商出具最近3年內試驗室辦理相同製造廠同型號續接組件之續接性能試驗合格報告，並經監造單位核准。

材料進場施工前執行一組續接性能試驗，每一種續接型式與不同鋼筋強度等級之組合分別執行性能試驗，每一種續接型式與同一鋼筋強度等級、標稱直徑差未滿8 mm之組合，得以直徑較大者之性能試驗報告為代表。一組性能試驗包含表26.6.5.1之試驗項目，各項目至少取樣3個試體。

續接性能試驗之試體須與工地現場採用同一規格之材料及施工方法製作，具

備材料證明並符合CNS 15560相關規定。例如具有公母螺紋接頭之機械式續接所需之鎖固扭矩值、壓合式續接套管之油壓機具規格、砂漿填充式續接器或續接套管所需之充填砂漿強度及工作度等。

(c)鋼筋機械續接組件進場各號數須分開取樣，每滿100個至少取樣1個(未滿100個亦須取樣1個)，執行26.6.5.2節單向拉伸及滑動試驗；第三類(SA級)或第二類(A級)機械式續接每滿1000個至少取樣1個(未滿1000個亦須取樣1個)，執行26.6.5.2節高塑性反復負載試驗；第一類(B級)機械式續每滿1000個至少取樣1個(未滿1000個亦須取樣1個)，執行26.6.5.2節重複負載及滑動試驗。由於高塑性反復負載試驗或重複負載及滑動試驗已包含單向拉伸及滑動試驗，可合併檢驗不重複取樣。

本節所規定之抽樣頻率係參考國內工程習慣而定之最低量，設計單位或業主得視情況提高抽樣頻率，惟增加之試驗費用由買賣雙方約定之。選擇續接器或決定抽樣頻率時，可參考製造廠商之品管紀錄，具有良好品管紀錄之廠商，其產品品質較穩定；欠缺品管紀錄之廠商，其產品品質較不穩定，宜酌予提高取樣頻率。

鋼筋機械續接如需要摩擦銲接、擴頭滾牙或任何機械加工時，其品質受生產設備、製造程序及材料之影響較有疑慮，監造單位得被允許進入工廠檢查並抽樣送驗。填充式續接器或續接套管其鋼筋不需要加工較無疑慮，但仍應訂定施工說明書辦理填充料之試驗及檢查，例如填充砂漿品質受拌和水量、溫度、及時間影響其工作度及強度。

(d)試體取樣、長度及準備依CNS 15560辦理，續接組件取樣紀錄包括工廠證明及主要尺度等，視需求記錄爐號及相關材料證明，續接組件宜在工地依實際施工程序完成組裝，並記錄於報告書。機械式續接使用砂漿或是其他水泥或樹脂系材料固結續接器與鋼筋時，依製造廠之使用規定準備試樣及養護。

續接組件進場檢驗是為了確保材料符合要求，原則上檢驗合格後方可進行鋼筋籠組立作業。若對於現場施工品質有疑慮時，得由已組立鋼筋籠切下續接器試體進行測試。

鋼筋預組立或預鑄工法可能無法切下或取出續接試體，宜提前取得同批材料依相同程序於工地現場同時組立製作樣品，例如螺紋式鋼筋續接器須使用與現場相同之程序鎖固，砂漿填充式續接器或續接套管宜使用與現場同時拌和之砂漿並以相同之方式充填，並以相同條件養護續接器試體直到測試齡期，以確保續接器施工品質符合要求。

(f)外觀檢查包括位置、型式、密合情形、同軸度等項目，由施工廠商進行100%之檢驗，監造進行抽驗。監造抽驗比例與抽驗不合格時之處理方式依契約之規定辦理。如契約未規定抽驗比例，則以至少5%為宜。

具有螺紋接頭之續接組件密合度須以扭力扳手抽驗，其扭矩值不得小於續接性能合格報告紀錄之標稱值，扭矩大小與螺紋接頭材質、外徑、牙形、牙高及牙距有關，一般螺紋預應力設計值約為材料規定降伏強度之20%。施工中扭矩值抽驗數量不得低於該批產品數量之15%，不合格部分須鎖緊至扭矩值之外，另再加

倍抽驗直到合格為止。

外觀檢查不合格之續接部位，除不影響強度者得經監造單位核可之方法予以適當之修正或改善外，宜拆除或切斷重新續接。

26.6.5.2 允收準則

(a) 鋼筋機械式續接試驗應依 CNS 15560 之規定辦理，惟指定負載、加載反復週次及循環週次等應依本節規定辦理。

(b) 續接試體準備及裝置依 CNS **15560** 規定辦理，續接試體在進行試驗前不得預拉。

(c) 鋼筋機械式續接試驗合格標準如表 26.6.5.2 所列。

(d) 除非另有規定，試體破壞模式如斷裂位置或鋼筋拔出等不作為等級判別或拒收之理由。

(e) 高塑性反復負載試驗過程如發生試體挫曲之現象，該試驗視為無效而非試體不合格。

表26.6.5.2 鋼筋機械式續接試驗性能合格標準

試驗項目	加載程序	指標	合格標準		
			第三類 (SA 級)	第二類 (A 級)	第一類 (B 級)
單向拉伸及滑動試驗	0→0.95P_y→0.02P_y →拉至破壞	抗拉強度	≥ 1.25f_y 且 ≥ f_u	≥ 1.25f_y 且 ≥ f_u	≥ 1.25f_y
		殘留滑動量 $(\delta_s)_{1c}$	≤ 0.3 mm	≤ 0.3 mm	≤ 0.3 mm
		續接處外鋼筋之伸長率[1]	≥9%，鋼筋尺度 D32 以下	≥ 4%	≥ 2%
			≥6%，鋼筋尺度 D36 以上		
重複負載及滑動試驗	0→(0.95P_y↔0.02P_y)×30回→拉至破壞	抗拉強度	不適用	不適用	≥ 1.25f_y
		滑動量 $(\delta_s)_{30c}$	不適用	不適用	≤ 0.3 mm
		續接處外鋼筋之伸長率[1]	不適用	不適用	≥ 2%
高塑性反復負載試驗	0→(0.95P_y↔ -0.5P_y)×16 回→(nδ_y↔ -0.5P_y)×8 回→(2nδ_y↔ -0.5P_y)×8 回→拉至破壞[2]	抗拉強度	≥ 1.25f_y 且 ≥ f_u	≥ 1.25f_y 且 ≥ f_u	不適用
		滑動量 $(\delta_s)_{16c} - (\delta_s)_{1c}$	≤ 0.3 mm	≤ 0.3 mm	不適用
		滑動量 $(\delta_s)_{24c}$	≤ 0.9 mm	≤ 0.9 mm	不適用
		滑動量 $(\delta_s)_{32c}$	≤ 1.8 mm	不適用	不適用
		續接處外鋼筋之伸長率[1]	≥9%，鋼筋尺度 D32 以下	≥ 4%	不適用
			≥6%，鋼筋尺度 D36 以上		

[1]續接處外兩側鋼筋伸長率之較大值。

[2]第二類(A 級)完成 24 回後可拉至破壞；f_y≤4,200 kgf/cm^2 [420 MPa]之鋼筋，塑性倍率 n=6；f_y=5,600 kgf/cm^2 [550 MPa]之鋼筋，塑性倍率 n=5；f_y=7,000 kgf/cm^2 [690 MPa]之鋼筋，塑性倍率 n=4。

解說：

(c)經內政部建研所(李宏仁等人2017、2020)彙整各方意見建議之表26.6.5.2適用於各等級鋼筋。表26.6.5.2的高塑性反復負載試驗程序之塑性倍率n隨鋼筋強度等級調整，避免對於SD550W或更高強度等級鋼筋有過於嚴苛之情形，有關鋼筋強度等級在SD550W以上之機械式續接試驗性能合格標準之驗證，可參考內政部建研所研究報告(李宏仁等人2020)。

由於第三類(SA級)機械式續接被許可用於任何位置，包括地震時鋼筋可能降伏並承受多次反復非彈性應變之位置，因此需要較嚴格之施工品質檢驗。除續接處之強度及滑動量外，被續接鋼筋須能發展至規定之伸長率以確保破壞時具有適當之韌性。

各項試驗依CNS 15560規定辦理，試驗裝置及加載程序如圖R26.6.5.2所示。另為量測續接處外兩側鋼筋之伸長率，試驗前於續接器兩側之鋼筋上各刻劃兩個標示點，標示點距離續接器兩端或夾具均不得小於1倍鋼筋標稱直徑d_b，此法可適用於各種樣式之機械式續接。被續接鋼筋之伸長率合格標準參考加州交通廳標準(Caltrans 2015)，第三類(SA級)要求鋼筋尺度D32或更小者至少9%，鋼筋尺度D36或更大者至少6%。

圖R26.6.5.2(b) 單向拉伸及滑動試驗程序中加載上限提高至0.95P_y較能有效地測試續接處之密合程度，而滑動量可接受值調整為0.3 mm，可降低因續接組件瑕疵或量測系統誤差造成結果之誤判。

高塑性反復負載試驗之當次滑動量依圖R26.6.5.2(e)所示方法計算，取荷重在拉力0.50P_y至-0.25P_y壓力之間，由拉至壓及由壓至拉之相對軸向變形量，分別扣除該試體之彈性變形量，取兩者之平均值為當次滑動量。彈性變形以該試體加載0.05P_y至0.70P_y之割線彈性勁度計算。

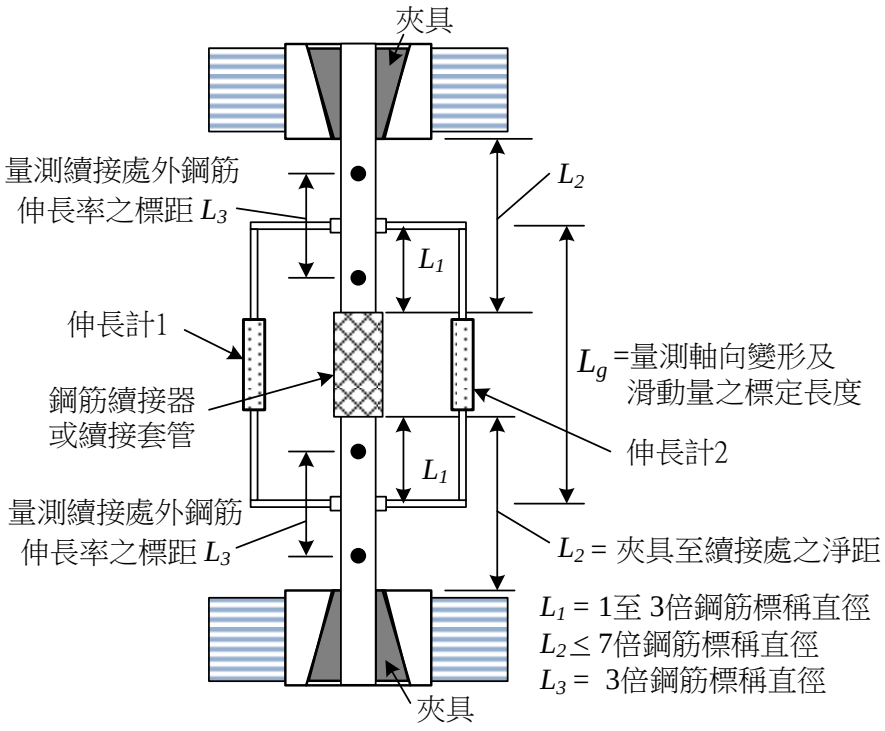


圖 R26.6.5.2(a) 鋼筋機械式續接試驗裝置

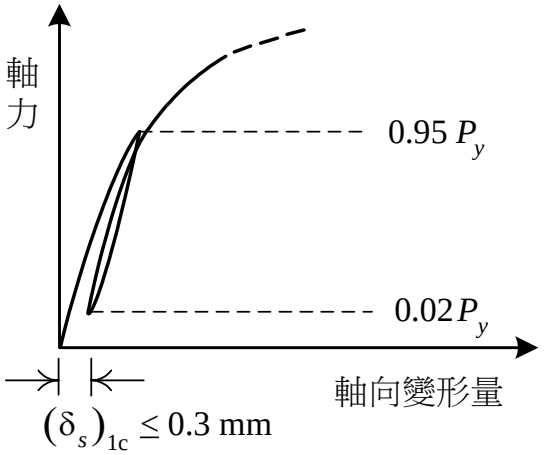
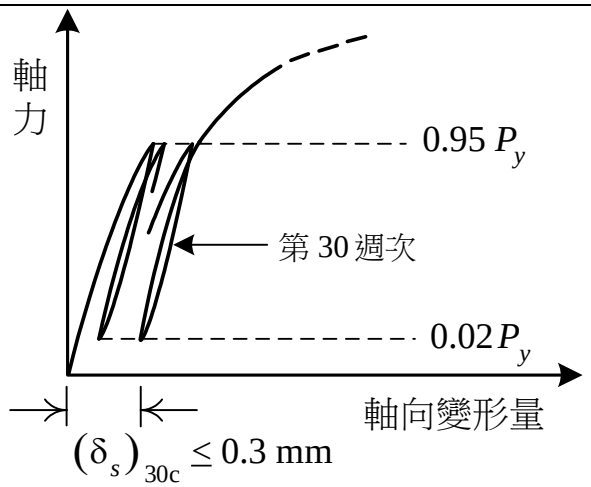
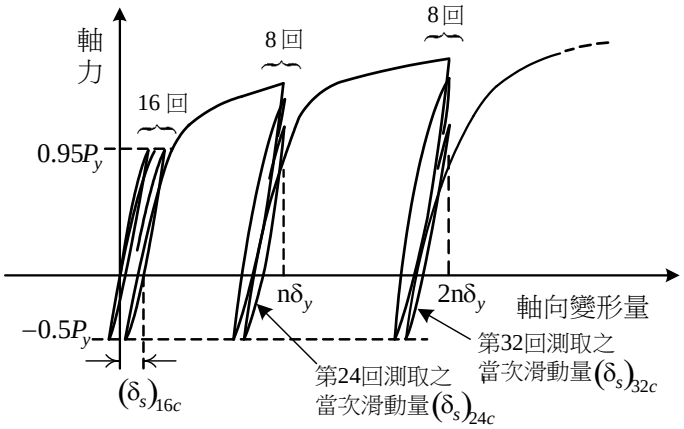


圖 R26.6.5.2(b) 單向拉伸及滑動試驗程序



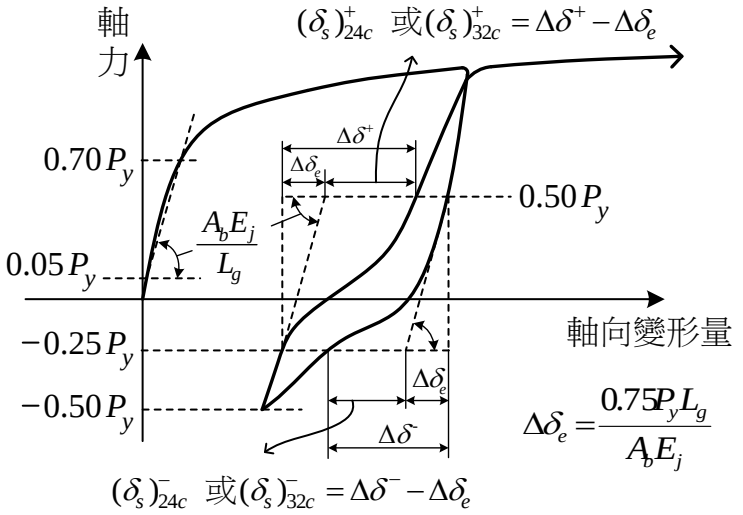
加載至 0.95P_y，再減載至 0.02P_y
重複30回之殘留滑動量

圖 R26.6.5.2(c) 重複負載及滑動試驗程序



加載至0.95P_y，反向加壓至 −0.50P_y，
重複16回到標稱零載重之殘留滑動量

圖 R26.6.5.2(d) 高塑性反復負載試驗程序



第24回 $(\delta_s)_{24c}=\frac{(\delta_s)^+_{24c}+(\delta_s)^-_{24c}}{2}\le 0.9\ mm$

第32回 $(\delta_s)_{32c}=\frac{(\delta_s)^+_{32c}+(\delta_s)^-_{32c}}{2}\le 1.8\ mm$

圖 R26.6.5.2(e) 當次滑動量計算法示意圖

圖 R26.6.5.2 鋼筋機械式續接試驗裝置及加載程序

附錄十 工程會施工綱要規範

03210 章 V6.0 修正草案

第 03210 章 V6.0-draft
鋼筋

1. 通則

1.1 本章概要

說明鋼筋之材料、設備、裁切、彎曲、排紮、組立、續接及檢驗等相關規定。

1.2 工作範圍

1.2.1 竹節鋼筋

1.2.2 光面鋼筋

1.2.3 鋼筋機械式續接

1.3 相關章節

1.3.1 第 01330 章--資料送審

1.3.2 第 01450 章--品質管理

1.4 相關準則

1.4.1 中華民國國家標準（CNS）

(1) CNS 560	鋼筋混凝土用鋼筋
(2) CNS 2608	鋼料之檢驗通則
(3) CNS 12455	對接銲之接頭拉伸試驗法
(4) CNS 12618	鋼結構銲道超音波檢測法

(5) CNS 12676　　金屬材料銲接之接頭彎曲試驗法

(6) CNS 13020　　鋼結構銲道射線檢測法

(7) CNS 13021　　鋼結構銲道目視檢測法

(8) CNS 15560　　鋼筋機械式續接試驗法

1.4.2 美國混凝土協會（ACI）

(1) ACI 318M　　建築規範之鋼筋混凝土要求

1.4.3 美國國家標準協會(ANSI)/美國銲接協會（AWS）

(1) AWS D1.4M　　結構鋼筋銲接規範

1.4.4 行政院公共工程委員會

(1) 公共工程施工品質管理作業要點

1.4.5 內政部

(1) 混凝土結構設計規範

(2) 結構混凝土施工規範

1.5 資料送審

1.5.1 品質管制計畫書

1.5.2 施工計畫

1.5.3 施工製造圖

除設計圖說內已示明，應將鋼筋之加工、組立及續接等施工製造圖送請工程司核可。

1.5.4 各種材料應提送樣品 3 份。

1.5.5 鋼筋出廠檢驗報告

鋼筋送抵工地時應檢附鋼筋出廠檢驗報告，其檢驗項目應包括外觀、機械性質、化學成分及輻射性。

1.5.6 銲接工之合格執照。

1.6 標示、捆縛及儲存

1.6.1 標示及捆縛

鋼筋應以 CNS 560 規定之方式標示及捆縛。

1.6.2 儲存

鋼筋應妥為儲存，不得沾染油脂、污泥、油漆或其他有礙本工程之品質及功能之有害物、發生損害裹握力之銹蝕、彎曲或扭曲等情事。

2. 產品

2.1 材料

2.1.1 鋼筋

鋼筋須符合 CNS 560 之規定。銲接用鋼筋應採用 SD550W、SD490W、SD420W 或 SD280W。

2.1.2 鋼筋直徑在 9mm 以上者均應使用竹節鋼筋，其他得使用光面鋼筋。

2.1.3 鋼筋如由業主供給者，承包商於領料時，如發現單位重量與標準規格不符，應立即書面報告工程司，以決定取捨並作為結算數量之依據。

2.1.4 鋼筋如由承包商自購者，應為符合規定之新品，並應購買長料以減少不必要之接頭。

2.1.5 鋼筋機械式續接組件材料證明

組成鋼筋機械式續接之所有元件，於試驗前應提供材料證明，包括降伏與抗拉強度及極限伸長率；對於鍛造或鑄造元件，化學成分分析及硬度試驗結果應視為必要項目，並應符合 CNS 15560 第 6.3 節之規定。

2.1.6 竹節鋼筋之標示代號、單位質量及標稱尺度，如表一所示。

表一 竹節鋼筋之標示代號、單位質量及標稱尺度表

竹節鋼筋稱號	標示代號	單位質量（W）（kg/m）	標稱直徑（d）（mm）	標稱剖面積（S）（cm^2）	標稱周長（ℓ）（cm）
D10	3	0.560	9.53	0.7133	3.0
D13	4	0.994	12.7	1.267	4.0
D16	5	1.56	15.9	1.986	5.0
D19	6	2.25	19.1	2.865	6.0
D22	7	3.04	22.2	3.871	7.0

D25	8	3.98	25.4	5.067	8.0
D29	9	5.08	28.7	6.469	9.0
D32	10	6.39	32.2	8.143	10.1
D36	11	7.90	35.8	10.07	11.3
D39	12	9.57	39.4	12.19	12.4
D43	14	11.4	43.0	14.52	13.5
D50	16	15.5	50.2	19.79	15.8
D57	18	20.2	57.3	25.79	18.0

2.2　鋼筋機械式續接

2.2.1　鋼筋機械式續接性能等級及試驗項目

(1) 鋼筋機械式續接依其性能分為 SA 級、A 級及 B 級機械式續接，鋼筋機械式續接之性能試驗及續接性能等級判別應依本款規定辦理。SA 級續接後強度、變形及韌性與鋼筋母材相近，並符合[混凝土結構設計規範][　　]規定之第三類機械式續接。A 級續接後強度及變形與鋼筋母材相近，並符合[混凝土結構設計規範][　　]規定之第二類機械式續接。B 級續接後僅強度與鋼筋母材相近，並符合 [混凝土結構設計規範][　　]規定之第一類機械式續接。續接位置應依設計圖說及施工詳圖或工程司指示辦理。

(2) 鋼筋機械式續接性能試驗項目如表二所示，並應依本章之第 2.2.2 款規定辦理。

表二 鋼筋機械式續接性能試驗項目

試驗項目	SA 級	A 級	B 級
母材鋼筋基本拉伸試驗	○	○	○
續接試體單向拉伸及滑動試驗	○	○	○
續接試體重複負載及滑動試驗	X	X	○
續接試體高塑性反復負載試驗	○	○	X
續接試體高週次疲勞試驗	△	△	△

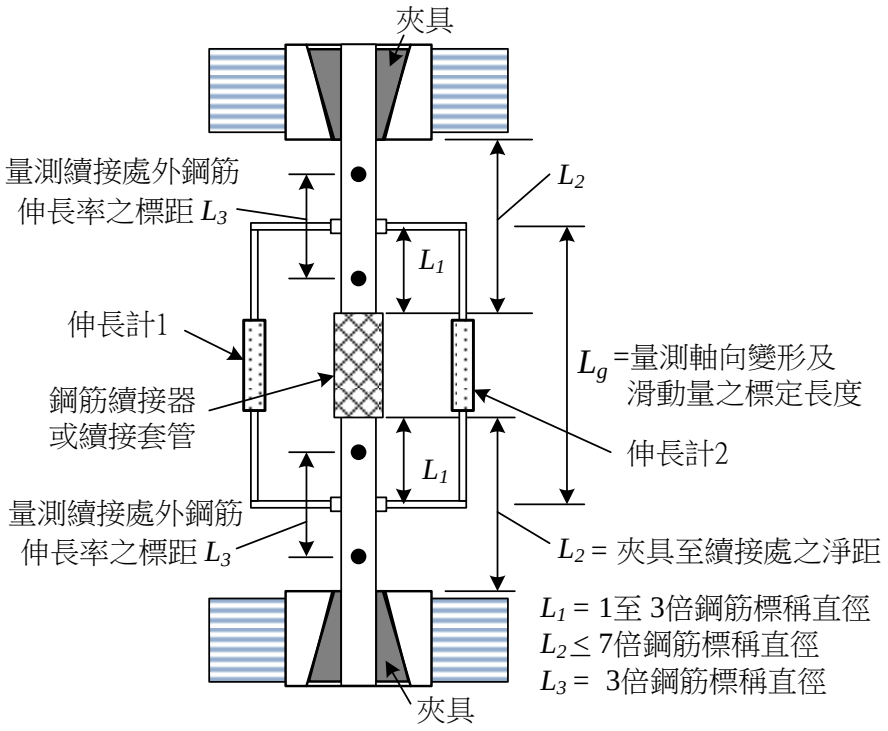
註：○適用、X 不適用、△僅適用於具有高週次疲勞問題之續接位置

(3) 承包商於施工前應提出最近 3 年內實驗室辦理相同製造廠同型號續接器之續接性能試驗合格報告。每一種續接型式與不同鋼筋強度等級之組合應分別執行性能試驗，每一種續接型式與同一鋼筋強度等級、標稱直徑差未滿 8mm 之組合，得以直徑較大者之性能試驗報告為代表，一組性能試驗各項目至少取樣 3 個試體。

(4) 鋼筋機械式續接性能試驗所用之試體，必須依據同一規格之材料及施工方法製作。續接性能試驗用之同一組試體應取自同一批次鋼筋，稱之為母材鋼筋。母材鋼筋基本拉伸試驗測試被續接之鋼筋，作為性能比對之用；其餘試驗項目測試鋼筋機械式續接試體。續接試體在進行試驗前不得預拉。進行試驗時應先施加拉力至標稱零載重，將伸長計讀數歸零後再開始加載，標稱零載重不得超過 $4N/mm^2$ 乘以鋼筋之標稱斷面積。

2.2.2 鋼筋機械式續接性能試驗法及允收標準

(1) 鋼筋機械式續接試驗應依 CNS 15560 之規定辦理，惟 CNS 15560 之指定負載、加載反復週次、加載群組及加載循環週次等，應依下列各測試項目之規定辦理。另依 CNS 15560 第 5.4(c)節亦得試驗前於續接器兩側之鋼筋上各刻劃兩個標示如圖一所示，標示點距離續接器兩端或夾具均不得小於 1 倍鋼筋標稱直徑，以量測續接處外兩側鋼筋之伸長率。

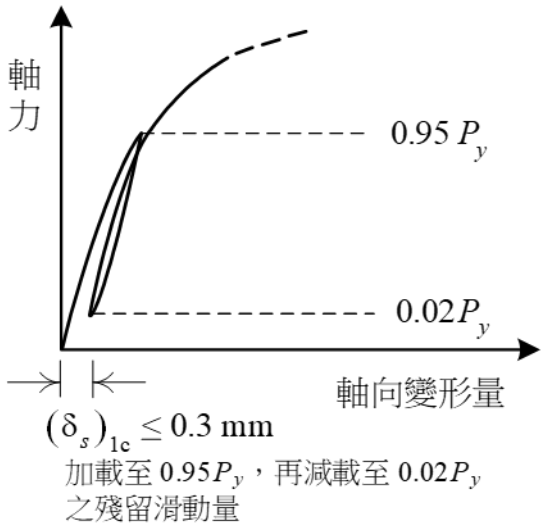


圖一 鋼筋機械式續接試驗裝置示意圖

(2) 母材鋼筋基本拉伸試驗：應依 CNS 15560 第 9.2 節之規定辦理。試樣應使用鋼筋原有之形狀，不得施予機械加工。試樣裁切時，不得使試片受高溫影響。母材鋼筋之機械性質應符合 CNS 560 之規定。如有任一母材鋼筋不符合規定，則所有續接試體視為無效試體。

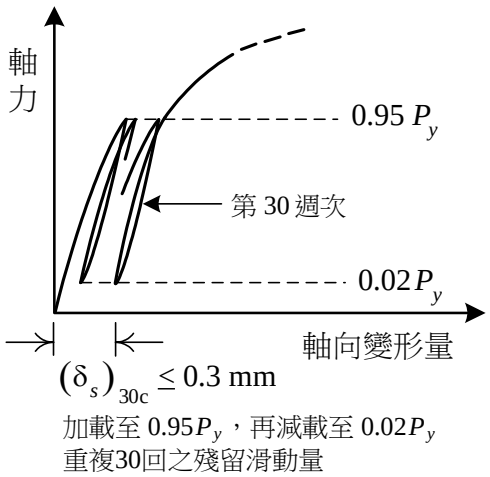
(3) 續接試體單向拉伸及滑動試驗:應依 CNS 15560 第

9.3 及 9.7 節之規定辦理，其指定負載及加載程序如圖二及表三所示。



圖二續接試體單向拉伸及滑動試驗加載程序示意圖

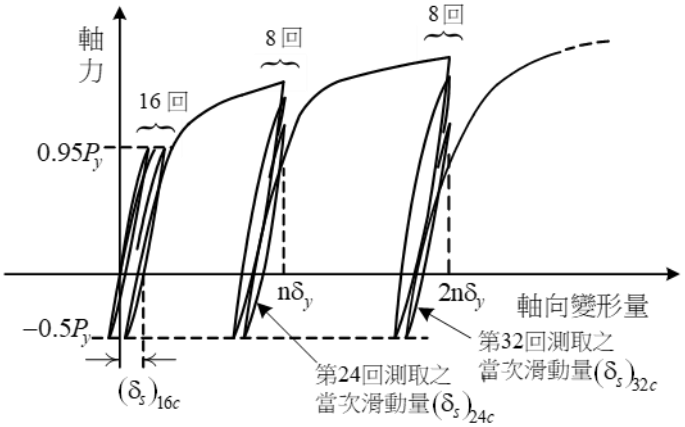
(4) 續接試體拉伸重複負載及滑動試驗:應依 CNS 15560 第 9.5 及 9.7 節之規定辦理，其指定負載、加載迴圈數及程序如圖三及表三所示。



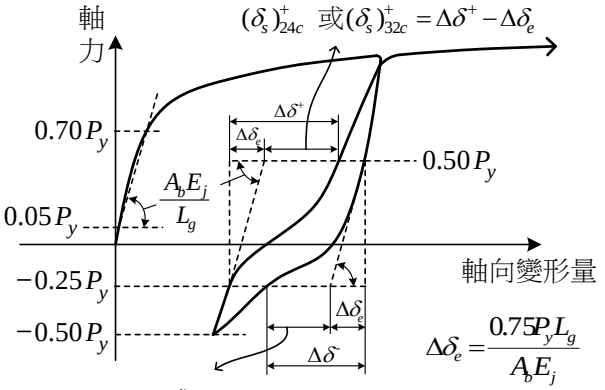
圖三續接試體重複負載及滑動試驗加載程序示意圖

(5) 續接試體高塑性反復負載試驗:應依 CNS 15560 第 9.5 節之規定辦理，其規定施加負載、指定應變、應變群組、群組加載反復週次及程序如圖四及表三所示，滑動量得依圖五所示方法計算。

試驗過程如發生試體挫曲之現象，該試驗視為無效而非試體不合格。



圖四續接試體高塑性反復負載試驗加載程序示意圖



第24回 $(\delta_s)_{24c}=\frac{(\delta_s)^+_{24c}+(\delta_s)^-_{24c}}{2}\le 0.9\ mm$

第32回 $(\delta_s)_{32c}=\frac{(\delta_s)^+_{32c}+(\delta_s)^-_{32c}}{2}\le 1.8\ mm$

圖五 當次滑動量計算法示意圖

註：當次滑動量之計算，如圖五所示取負載在鋼筋規定降伏強度下限值 50%拉力至 25%壓力之間，由拉至壓及由壓至拉之相對軸向變形量，分別扣除該試體之彈性變形量，取兩者之平均值為當次滑動量。彈性變形以該試體加載由鋼筋規定降伏強度下限值之 5%至鋼筋規定降伏強度下限值之 70%之割線彈性模數計算。

(6) 續接試體高週次疲勞試驗：應依 CNS 15560 第 9.6 節之規定辦理，其加載程序指定之較高拉應力及較低之拉力或壓力則依契約規定。

(7) 續接試體各項試驗之允收標準如表四所列，試驗結果不符規定時，應依 CNS 2608 第 9 節之規定進行重驗。除契約另有規定外，試體破壞模式如斷裂位置或鋼筋拔出等不作為等級判別或拒收之理由。

表三 續接試體試驗加載程序

試驗項目	加載程序	試驗方法
單向拉伸及滑動試驗	$0 \rightarrow 0.95Py \rightarrow 0.02Py \rightarrow$拉至破壞 滑動量如圖二所示	CNS 15560 第 9.3 節 第 9.7 節
重複負載及滑動試驗	$0 \rightarrow (0.95Py \leftrightarrow 0.02Py)$x30 回 →拉至破壞 滑動量如圖三所示	CNS 15560 第 9.5 節 第 9.7 節

高塑性反復負載試驗	0 →(0.95Py ↔-0.5Py)x16 回 → (n δy ↔ -0.5Py)x8 回 →(2n δy ↔ -0.5Py)x8 回 →拉至破壞 滑動量如圖四及圖五所示	CNS 15560 第 9.5 節

註 1：P_y 對應於鋼筋最小規定降伏強度 f_y 之軸向力；標稱降伏伸長量δ_y =鋼筋規定降伏強度下限值 f_y 除以標稱彈性模數(200,000 N/mm^2)乘以伸長計檢測長度 L_g。

註 2:第二類(A 級)完成 24 回後可拉至破壞；$f_y \leq$4,200 kgf/cm^2 [420 MPa]之鋼筋，塑性倍率 n=6；f_y=5,600 kgf/cm^2 [550 MPa]之鋼筋，塑性倍率 n=5；f_y=7,000 kgf/cm^2 [690 MPa]之鋼筋，塑性倍率 n=4。

表四 鋼筋機械式續接性能允收標準

續接試體試驗項目		SA 級	A 級	B 級
母材基本拉伸試驗		符合 CNS 560 之規定		
單向拉伸及滑動試驗	抗拉強度	$\geq 1.25fy$ 且 $\geq fu$	$\geq 1.25f_y$ 且 $\geq f_u$	$\geq 1.25fy$
	滑動量 $(\delta_s)_{1c}$	≤ 0.3 mm	≤ 0.3 mm	≤ 0.3 mm
	續接處外鋼筋之伸長率[1]	≥9%，鋼筋尺度 D32 以下	≥ 4%	≥ 2%
		≥6%，鋼筋尺度 D36 以上		
重複負載及滑動試驗	抗拉強	不適用	不適用	$\geq 1.25fy$
	滑動量 $(\delta_s)_{30c}$	不適用	不適用	≤ 0.3 mm
	續接處外鋼筋之伸長率[1]	不適用	不適用	≥ 2%
高塑性反復負載試驗	抗拉強度	$\geq 1.25fy$ 且 $\geq fu$	$\geq 1.25f_y$ 且 $\geq f_u$	不適用
	滑動量 $(\delta_s)_{16c} - (\delta_s)_{1c}$	≤ 0.3 mm	≤ 0.3 mm	不適用
	滑動量 $(\delta_s)_{24c}$	≤ 0.9 mm	≤ 0.9 mm	不適用
	滑動量 $(\delta_s)_{32c}$	≤ 1.8 mm	不適用	不適用
	續接處外鋼筋之伸長率[1]	≥9%，鋼筋尺度 D32 以下	≥ 4%	不適用
		≥6%，鋼筋尺度 D36 以上		
高週次疲勞試驗		續接處不得產生疲勞裂紋或斷裂		

註： f_y =鋼筋最小規定降伏強度值；f_u =鋼筋最小規定抗拉強度值；[1]=續接處外兩側鋼筋伸長率之較大值，量測伸長率之標記點距離為 3 倍鋼筋標稱直徑，標記點距離續接器兩端或夾具均不得小於 1 倍鋼筋標稱直徑；鋼筋續接處之殘留滑動量及當次滑動量如圖二至圖五。

2.2.3 鋼筋機械式續接之檢驗

(1) 鋼筋機械式續接之外觀檢驗應包括位置、型式、接合長度、密合情形等項目，由承包商進行 100%之檢驗，工程司應進行抽驗。工程司抽驗比例與抽驗不合格時之處理方式應依契約之規定辦理。如契約未規定抽驗比例，則以至少[5%][　　]為宜。

(2) 鋼筋機械式續接依不同型式及等級，應根據本章及[混凝土結構設計規範][　　]有關規定辦理，並經工程司之認可，送至公共工程施工品質管理作業要點第 12 點規定之實驗室檢驗。

(3) 承包商於施工前應提出最近 3 年內實驗室辦理相同製造廠同型號續接器之續接性能試驗合格報告。每一種續接型式與不同鋼筋強度等級之組合應分別執行性能試驗，每一種續接型式與同一鋼筋強度等級、標稱直徑差未滿 8mm 之組合，得以直徑較大者之性能試驗報告為代表，一組性能試驗各項目至少取樣 3 個試體。

(4) 機械性能試驗結果不符合規定時，應依 CNS 2608 第 9 節之規定進行重驗。如重驗結果符合規定時，該批

產品(包含續接器及其附件)視為合格，否則該批產品不得進場。

(5) 鋼筋機械式續接施工期間按應依下列規定分別辦理工地取樣試驗。

A. 鋼筋機械續接組件進場各號數須分開取樣，每滿[100 個][　　]取樣 1 個機械式續接試體，未滿[100 個][　　]亦須取樣 1 個，在工地依現場實際施工程序完成組裝，送實驗室執行本章之第 2.2.2(3)款續接試體單向拉伸及滑動試驗。

B. 第一類(B 級)機械式續接組件進場各號數須分開取樣，每滿[1000 個][　　]取樣 1 個機械式續接試體，未滿[1000 個][　　]亦須取樣 1 個，在工地依現場實際施工程序完成組裝，送實驗室執行本章之第 2.2.2(4)款續接試體重複負載及滑動試驗。

C. 第三類(SA 級)或第二類(A 級)機械式續接組件進場各號數須分開取樣，每滿[1000 個][　　]取樣 1 個機械式續接試體，未滿[1000 個][　　]亦須取樣 1 個，在工地依現場實際施工程序完成組裝，送實驗室執行本章之第 2.2.2(5)款高塑性反復負載試驗。由於高塑性反復附載試驗或重複負載及滑動試驗已包含單向拉伸及滑動試驗，可合併檢驗不重複取樣。

D. 螺紋接合之扭力試驗：鋼筋經加工具有螺紋之接頭，應依製造商建議之扭力值在工地現場鎖緊，在

箍筋及繫筋未綁紮固定之前，由工程司以扭力板手抽驗，其扭力值應大於製造商之建議值，抽驗數量不得低於該批產品數量之[15%][　　]，不合格部分須鎖緊至扭力值之外，另再加倍抽驗直到合格為止。

(6) 工地取樣之試驗結果不符規定時，應依 CNS 2608 第 9 節之規定進行重驗，如重驗結果符合規定時，該批產品(包含續接器及其附件)視為合格，否則該批產品應予以拒收；重新運抵工地之產品，工程司應依本章之第 2.2.3(5)款抽樣數量予以重新抽樣送驗。

(7) 試驗或重驗所需之時間，承包商應予以考慮，不得因而延誤工期。

3. 施工

3.1 準備工作

承包商應協調水、電、空調、消防等之預埋工作。

3.2 施工方法

3.2.1 鋼筋加工

(1) 加工前應將鋼筋表面之浮銹、油脂、污泥、油漆及其他有害物質完全清除乾淨。

(2) 接頭之位置應依設計圖說或工程司之指示設於應力較小之處。

(3) 鋼筋如有必要以不同尺度者替換時，承包商

應提計畫並事先取得工程司之核可。替換時，其總斷面積應等於或大於原設計總斷面積，並應具有足夠之伸展長度。

(4) 所有鋼筋應在常溫下彎曲，非經工程司准許不得加熱為之。如需採熱彎曲，應提出作業計畫經工程司核可後辦理。如經工程司准許使用熱彎時，應加熱適宜，不得損及材質及強度，加熱後之鋼筋應在常溫狀態下自然冷卻，不得使用冷水驟冷。

(5) 鋼筋有一部分已埋入混凝土中者，其外露部分除經工程司准許者外，不得再行彎曲，如准再行彎曲時，應以不損傷混凝土之方法施工。

3.2.2 鋼筋排紮及組立

(1) 鋼筋於排紮及組立之前，應將其表面附著之灰塵、污泥、浮銹、油脂、油漆及其他有害物質去除乾淨，然後應照設計圖說及施工製造圖所示位置正確排紮及組立，務使鋼筋排列整齊並固定不動。所有鋼筋交叉點及相疊處應以[黑鐵絲][　　]結紮牢固，以免澆置混凝土時移動變位。[註：黑鐵絲為鍍鋅低碳鋼線之俗稱，通常使用 18 至 20 號線]。

(2) 除場樁或地下連續壁之鋼筋籠及其他經工程司准許之處外，鋼筋結紮不得以銲接為之。如鋼筋交叉點之間距小於[20cm][　　]，且確能保證鋼筋無移動變位之虞時，經徵得工程司之同意後，可間隔結紮。

3.2.3 鋼筋續接

鋼筋之續接，應依下列規定辦理。

(1) 搭接

A. 除設計圖說上註明或經工程司核可者外，鋼筋不得任意搭接。

B. 鋼筋之搭接長度應依鋼筋直徑，混凝土之品質及鋼筋應力之種類而定，除設計圖明示者外，均應以[混凝土結構設計規範][結構混凝土施工規範][　　]規定為準。

C. 如因搭接將使鋼筋淨距不能符合規定時，經徵得工程司之同意後，得使用銲接或鋼筋機械式續接，使鋼筋在同軸方向對接。

(2) 銲接(鋼筋對銲續接)

鋼筋銲接程序應符合[AWS D1.4M][　　]之規定。原則上應於鋼筋銲接續接施工現場銲接完成品，均應依 CNS 13021 執行銲道目視檢測，且從中抽取試樣，每滿[200 個][300 個][　　]對銲接頭為一批，每批取樣 1 個，未滿[200 個][300 個][　　]亦須取樣 1 個，但每一主鋼筋及箍筋稱號各至少取樣 1 組，每組至少取[3 個][　　]試樣。惟若經工程司核可，承包商得於施工前，截取進場之鋼筋並與施工現場相同條件下銲接作成試樣。試樣應送至符合公共工程施工品質管理作業要點第 12 點規定之實驗室，依 CNS 12455 規定執行對銲接頭拉伸試驗，但於拉伸試驗不易執行時，得以 CNS 12676 彎曲試驗替代之。

A. 銲道目視檢測之結果，所有銲道均須符合 CNS 13021 之規定。

B. 拉伸試驗之結果，所有試體之抗拉強度，均須符合 CNS 560 之規定。

C. 彎曲試驗之結果，在所有試體之對銲接面處不得有破斷或裂紋之現象。

D. 試驗結果不符規定時，應依 CNS 2608 第 9 節之規定進行重驗，如重驗結果符合規定時，該批成品視為合格，否則該批成品應予以拒收。

E. 銲道非破壞檢驗原則上應採用 CNS 13020 之放射線透過檢驗，無法使用放射線透過檢測之處，經工程司認可後，可改依 CNS 12618 超音波檢測。現場對銲續接非破壞檢驗之處，應於拉伸試驗取樣前施行。選取該批對銲續接數之 25%做銲道非破壞檢驗，如其中 12%有缺陷時，再取該批 25%再試，如再有全部累積檢驗數量之 12%有缺陷，則該批其餘全數續接再做銲道非破壞檢驗。檢驗不合格者可依 AWS D1.4M 修補。

F. 從事銲接工作（包括點銲）之銲接工應具有合格執照。

G. 耐震構架梁、柱可能發生塑鉸區內之主筋不得對銲續接，惟箍筋、繫筋及結構牆，以及壁式橋墩之任何位置均允許使用鋼筋對銲續接。

(3) 機械式續接施工要求

承包商應依設計圖說辦理機械式續接，並應符合下列規定，如採用其他方式，應提出最近 3 年內實驗室辦理相同製造廠同型號續接器之續接性能試驗合格

報告或實績，並經工程司核可後，方可施工。

A. 所有接合鋼筋應配合續接器之使用，其長度應先考慮接頭各部尺度後始可切斷,務使兩者能密接。

B. 續接器於加工完成後，須以保護蓋及止水封環密封，以防止灰塵、油污、混凝土或漿液之滲入。

C. 每一接合處必須淨潔、乾燥，排列於正確位置，接合處之緊密度均應予檢視，檢查不合格時應予更換。

D. 鋼筋機械式續接之鋼筋加工不得採用剪斷或熔斷法，須以鋸床或砂輪切割以保持最終之平整。

E. 鋼筋經車牙、滾牙或摩擦銲接具有螺紋之接頭，施工時應按該產品之施工說明書予以鎖緊。

F. 機械式續接為非螺紋之續接套管，應依製造商訂定之施工說明書予以鎖固。

G. 螺紋節鋼筋續接器續接之施工要求

a. 螺紋節鋼筋續接器選用應與螺紋節鋼筋之節徑與節距相符合。

b. 螺紋節鋼筋續接器施工時，應依鋼筋上預先標記之位置定位，以避免鋼筋轉入之長度不夠。

c. 如需要於鋼筋與續接器間注入填充料，應確保填充料注入量是否足夠，以避免產生滑動。

d. 利用止動螺帽以扭力板手鎖緊接合，應作標記以確認是否鎖緊。

H. 砂漿填充式續接套管之施工要求

a. 砂漿填充式續接套管施工時，應確保正確之鋼筋

插入長度。填充料應依製造商訂定之施工說明書進行選用及施作。

b. 砂漿填充式續接套管之填充料施工前，應先清除套管內異物，以避免填充時產生阻礙。

c. 砂漿填充式續接套管之填充料施工時，應確保填充密實飽滿。

d. 填充料之試驗及檢查應依製造商訂定之施工說明書辦理。

3.2.4 鋼筋保護層

(1) 鋼筋保護層厚度，即最外層鋼筋外面與混凝土表面間之淨距離，應按設計圖說之規定辦理，如設計圖說未規定時，可參照下表辦理。

說明		板		牆	梁	柱	基腳	橋墩	隧道
		厚度225mm以下	厚度大於225mm	mm	（頂底及兩側）mm	mm	mm	mm	mm
不接觸雨水之構造物	鋼筋D19以下	20	20	20	*40	40	40		
	鋼筋D22以上	20	20	20	*40	40	40		
受有風雨侵蝕之構造物	鋼筋D16以下	40	40	40	40	40	40	40	40
	鋼筋D19以上	45	50	50	50	50	50	50	50
經常與水或土壤			65	65	65	75	65	75	75

接觸之構造物								
混凝土直接澆置於土壤或岩層或表面受有腐蝕性液體	50	75	75	75	75	75	75	75
與海水接觸之構造物	75	100	100	100	100	100	100	100
受有水流沖刷之構造物		150	150	150	150	150	150	150
註：1.*混凝土格柵鋼筋保護層之最小厚度為 20mm。 2. 若鋼筋防火保護層厚度之規定則須採用較大之值。 3. 廠製預鑄混凝土及預力混凝土之鋼筋鋼材保護層另詳建築技術規則（CBC）或有關之設計圖。								

(2) 為正確保持鋼筋保護層厚度，應以工程司核可之水泥砂漿、金屬製品、塑膠製品或其他經核可之材料將鋼筋墊隔或固定於正確之位置。如構造物完成後混凝土將暴露於室外，則上述支墊距混凝土表面[15mm][　　]範圍內必須為抗腐蝕或經防腐處理之材料。墊隔水泥砂漿塊之強度至少須等於所澆置混凝土之強度。

(3) 構造物為將來擴建而延伸在外之鋼筋，應以混凝土或其他適當之覆蓋物保護，以防銹蝕，其保護方法應事先徵得工程司之同意。

3.2.5 接地及陰極保護

特殊構造物鋼筋之接地及陰極保護依設計圖示規定施工。

3.3 檢驗

3.3.1 除契約另有規定外，各項材料及施工之檢驗項目如下表：

名稱	檢驗項目	依據之標準	規範之要求	頻率
鋼筋	外觀及物理性質	CNS 560	依設計之要求	[各尺度每批各 1 次] [提出檢驗試驗報告，不需抽檢] [每 50t 1 次] [　　]
	化學成分	CNS 560	依設計之要求	[1 次] [提出檢驗試驗報告，不需抽檢] [　　]
機械式續接	單向拉伸及滑動試驗	CNS 15560	本章之第 2.2.2 款	各號數須分開取樣，每滿[100 個][　　]取樣 1 個，未滿[100 個][　　]亦須取樣 1 個。
	重複負載及滑動試驗	CNS 15560	本章之第 2.2.2 款	各號數須分開取樣，每滿[1000 個][　　]取樣 1 個，未滿[1000 個][　　]亦須取樣 1 個。
	高塑性反復負載試驗	CNS 15560	本章之第 2.2.2 款	各號數須分開取樣，每滿[1000 個][　　]取樣 1 個，未滿[1000 個][　　]亦須取樣 1 個。
對銲	銲道目視檢測	CNS 13021	依規範之要求	該批對銲銲道

名稱	檢驗項目	依據之標準	規範之要求	頻率
續接	接頭拉伸試驗或彎曲試驗	[CNS 12455] [CNS 12676]	依規範之要求	每滿[200 個][300個][ ]對銲接頭為一批，每批取樣1個，但每一主鋼筋及箍筋稱號各至少取樣1組[3個][ ]
	銲道非破壞檢測	[CNS 13020] [CNS 12618]	依規範之要求	該批對銲續接數之25%

3.3.2 鋼筋機械式續接後之外觀檢查係視其續接部位之形狀是否合於規定，對接之鋼筋中心軸是否一致。經檢驗結果判定不合格之續接部位，除不影響強度者得以工程司核可之方法予以適當之修正或改善外，應切斷重新續接。

3.3.3 若試驗結果不合格時，應即停止施工更換材料或改善施工方法，俟再經試驗確認合格後，始可繼續施工。

3.3.4 鋼筋排紮組立完成後，應經工程司查驗合格後方可澆置混凝土。但按規定須報請當地工務機關查驗時，應經工程司核可後，由承包商負責隨時前往申請辦理。

3.4 許可差

3.4.1 鋼筋加工及排置之許可差如下：

(1) 鋼筋加工之許可差如下：

剪切長度：[±25mm][ ]

梁內彎起鋼筋高度：[+0，-12mm][ ]

肋筋、橫箍、螺旋筋之總尺度：[±12mm][ ]

其他彎轉：[±25mm][ ]

(2) 鋼筋排置之許可差如下：

混凝土保護層：[±6mm][　　]

鋼筋最小間距：[-6mm]

板或梁之頂層鋼筋

構材深度等於或小於 20cm 者：[±6mm][　　]

構材深度大於 20cm 而不超過 60cm 者:[±12mm][　　]

構材深度大於 60cm 者：[±25mm][　　]

梁、柱內鋼筋之橫向位置：[±6mm][　　]

構材內鋼筋之縱向位置：[±50mm][　　]

(3) 為避免與其他鋼筋、導管或埋設物之互相干擾，鋼筋在必要時可予移動，若鋼筋移動位置超過其直徑或上述許可差時，則鋼筋之變更排置應報請工程司認可。

4. 計量與計價

4.1 計量

4.1.1 鋼筋及施工應分別按契約詳細價目表內所列不同強度之鋼筋，根據設計圖或工程司核准之施工製造圖計算所得之實作數量，以[公噸][公斤][　　]計量。除另有規定外，鋼筋之單位重量以[CNS 560][設計圖說][施工規範][　　]之標準計算之。

4.1.2 搭接處所需鋼筋已包括在鋼筋總數量內，除設計圖說另

有註明外，一般構造物內鋼筋長度超過[14m][　　]時，允許有一次搭接，搭接處所需鋼筋，依工程司核准之數量計算。損耗量包括在[單價][數量][　　]內。替換鋼筋所增加之數量，不列入計量數量內。

4.1.3 鋼筋機械式續接依不同直徑，經核可同意後的實作數量以[個][　　]計量。

4.2 計價

4.2.1 依契約詳細價目表內所列鋼筋及施工，依不同強度之[公噸][公斤] [　　]單價計給。鋼筋項目單價內已包括為完成本項工作所需之一切人工、材料、機具、設備、動力、出廠檢驗及運輸等費用在內。替換鋼筋所增加之費用，由承包商負擔。

4.2.2 鋼筋機械式續接依不同之直徑以個計價，單價已包括所需之一切人工、材料、機具、設備、動力、運輸及其他為完成本工作所必需之費用在內。

〈本章結束〉

參考書目

[1] 內政部營建署, 混凝土結構設計規範, 內政部營建署, 台北, 2011, 356 pp.

[2] ACI Committee 318, Building Code Requirements for Structural Concrete (ACI 318-08) and Commentary, American Concrete Institute, Farmington Hills, MI, 2005, 430 pp.

[3] ACI Committee 318, Building Code Requirements for Structural Concrete (ACI 318-08) and Commentary, American Concrete Institute, Farmington Hills, MI, 2008, 465 pp.

[4] ACI Committee 318, Building Code Requirements for Structural Concrete (ACI 318-11) and Commentary, American Concrete Institute, Farmington Hills, MI, 2011, 203 pp.

[5] ACI Committee 318, Building code requirements for structural concrete (ACI 318-14) and commentary, American Concrete Institute, Farmington Hills, MI, 2014, 520 pp.

[6] ACI Committee 318, Building code requirements for structural concrete (ACI 318-19) and commentary, American Concrete Institute, Farmington Hills, MI, 2019, 623 pp.

[7] 中華民國國家標準 CNS 560, "鋼筋混凝土用鋼筋," 經濟部標檢局, 台北, 2018, 12 pp.

[8] 王炤烈; 黃世建; 李釗; and 蕭輔沛, 混凝土結構技術規範之修正研擬, 內政部建築研究所, 台北, 2016, 497 pp.

[9] 李宏仁; 陳正誠; 陳建中; and 張家榮, 建築工程鋼筋機械式續接性能基準及驗證研究, 內政部建築研究所, 台北, 2017, 158 pp.

[10] 公共工程委員會, "施工綱要規範第 03210 章鋼筋 V5.0," 台北, 2018, 19 pp.

[11] 中國土木水利工程學會, 混凝土工程設計規範與解說(土木 401-86a), 1997, pp.

[12] 中華民國國家標準 CNS 15560, "鋼筋機械式續接試驗法," 2015.

[13]內政部營建署暨內政部建築研究, 鋼筋續接施工規範及解說(草案), 內政部建築研究, 台北, 1999, pp.
[14]中華民國結構工程學會, "鋼筋續接器續接規範," 中華民國結構工程學會鋼筋混凝土結構委員會, CSSE 96-01, 台北, 2007, pp. 48.
[15]公共工程委員會, "施工綱要規範第 03210 章鋼筋 V2.1," 台北, 2003, 14 pp.
[16]公共工程委員會, "施工綱要規範第 03210 章鋼筋 V3.0," 台北, 2005, 13 pp.
[17]公共工程委員會, "施工綱要規範第 03210 章鋼筋 V4.0," 台北, 2016, 19 pp.
[18]蔡榮一,"公共工程服務計畫的緣起、形成及意義/價值," 認證報導 TAF Newsletter, July 2012, 2012.
[19]財團法人台灣混凝土學會 TCI, "高強度鋼筋續接器續接性能規範," 台北, 2014, pp. 15.
[20]日本土木学会, 鉄筋定着・継手指針[2007 年版], 日本土木学会, 2007, 41-46 pp.
[21]ASTM A1034/A1034M-10a, "Standard Test Methods for Testing Mechanical Splices for Steel Reinforcing Bars," ASTM International, West Conshohocken, PA, 2010, 6 pp.
[22]李宏仁, "高強度鋼筋混凝土科技之材料規範建立紀實," 混凝土科技, V. 8, No. 4, 2014, pp. 107-108.
[23]日本国土交通省, 建築物の構造関係技術基準解説書政令第 73 條，鉄筋の継手及定着, 2007, 138-143 pp.
[24]日本国土交通省, 建築物の構造関係技術基準解説書政令第 73 條，鉄筋の継手及定着, 2016, 167-172 pp.
[25]日本建築学会, 鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説, 日本建築学会, 東京, 2010, 525 pp.
[26]Nishiyama, M., "Mechanical properties of concrete and reinforcement - state-of-the-art report on HSC and HSS in Japan," Journal of Advanced Concrete Technology, V. 7, No. 2, Jun, 2009, pp. 157-182.

[27] 李宏仁; 王淑真; and 黃世建, "新高強度鋼筋機械性質與續接性能評估," 營建知訊, No. 331, August, 2010, 2010, pp. 21-30.

[28] 陳智軒, "高強度鋼筋續接器性能評估," Institution, Report Number, 雲林縣, 2014, pp. Pages.

[29] NEHRP Consultant Joint Venture, "Use of High-Strength Reinforcement in Earthquake-Resistant Concrete Structures," Applied Technology Council for the National Institute of Standards and Technology, NIST GCR 14-917-30, Gaithersburg, Maryland, 2014.

[30] (AASHTO), A. A. o. S. H. a. T. O., AASHTO Guide Specification for LRFD Seismic Bridge Design, Washington, D.C., 2014, pp.

[31] Ameli, M. J.; Parks, J. E.; Brown, D. N.; and Pantelides, C. P., "Seismic evaluation of grouted splice sleeve connections for reinforced precast concrete column-to-cap beam joints in accelerated bridge construction," PCI Journal, Mar-Apr, 2015, pp. 80-103.

[32] Pantelides, C. P.; Ameli, M. J.; Parks, J. E.; and Brown, D. N., "Seismic evaluation of grouted splice sleeve connections for reinforced precast concrete column-to-cap beam joints in accelerated bridge construction Response," PCI Journal, Sep-Oct, 2015, pp. 98-99.

[33] Ameli, M.; Brown, D. N.; Parks, J. E.; and Pantelides, C. P., "Seismic Column-to-Footing Connections Using Grouted Splice Sleeves," ACI Structural Journal, V. 113, No. 5, 2016.

[34] Ameli, M.; and Pantelides, C. P., "Seismic Analysis of Precast Concrete Bridge Columns Connected with Grouted Splice Sleeve Connectors," Journal of Structural Engineering, 2016, pp. 04016176.

[35] Parks, J. E.; Papulak, T.; and Pantelides, C. P., "Acoustic emission monitoring of grouted splice sleeve connectors and reinforced precast concrete bridge assemblies," Construction and Building Materials, V. 122, Sep, 2016, pp. 537-547.

[36] Tazarv, M.; and Saiidi, M. S., "Seismic design of bridge columns incorporating mechanical bar splices in plastic hinge regions,"

Engineering Structures, V. 124, 10/1/, 2016, pp. 507-520.
[37] Al-Jelawy, H. M.; Mackie, K. R.; and Haber, Z. B., "Shifted Plastic Hinging for Grouted Sleeve Column Connections," ACI Structural Journal, V. 115, No. 4, Jul-Aug, 2018, pp. 1101-1114.
[38] Caltrans, "Standard Specifications," Department of Transportation, California State Transportation Agency, State of California, Sacramento, 2015, 713-714 pp.
[39] Caltrans, "California Test 670 - Method of Tests for Mechanical and Welded Reinforcing Steel Splices," Transportation Laboratory, Division of Engineering Services, Department of Transportation, California State Transportation Agency, State of California, Sacramento, 2013, 13 pp.
[40] ASTM A706/A706M-16, "Standard Specification for Low-Alloy Steel Deformed and Plain Bars for Concrete Reinforcement," ASTM International, West Conshohocken, PA, 2016, 7 pp.
[41] ICC-ES, "AC133 - Mechanical Splice Systems for Steel Reinforcing Bars," ICC Evaluation Service, LLC. A Subsidiary of the International Code Council, 2010, 7 pp.
[42] Ou, Y.-C.; Alrasyid, H.; Haber, Z. B.; and Lee, H.-J., "Cyclic Behavior of Precast High-Strength Reinforced Concrete Columns," ACI Structural Journal, V. 112, No. 6, November-December, 2015, pp. 839-850.
[43] ACI Committee 374., "Acceptance criteria for moment frames based on structural testing and commentary (ACI 374.1-05)," American Concrete Institute, Farmington Hills, MI, 2005, pp. 9.
[44] ACI Committee 374., "Guide for testing reinforced concrete structural elements under slowly applied simulated seismic loads (ACI 374.2R-13)," American Concrete Institute, Farmington Hills, MI, 2013, pp. 18.
[45] ACI Committee 439, "Types of Mechanical Splices for Reinforcing Bars (ACI 439.3R-07)," American Concrete Institute, Farmington Hills, MI, 2007, pp. 24.

[46] 李宏仁, "建築工程鋼筋續接器的合理應用," 混凝土科技, V. 10, No. 2, 2016, pp. 56-64.
[47] Visnjic, T.; Antonellis, G.; Panagiotou, M.; and Moehle, J. P., "Large Reinforced Concrete Special Moment Frame Beams under Simulated Seismic Loading," ACI Structural Journal, V. 113, No. 3, 2016, pp. 469.
[48] 余沛涵; 李宏仁; and 洪崇展, "新高強度鋼筋混凝土矩形斷面彎矩曲率分析程式之開發," 中華民國第十五屆結構工程研討會暨第五屆地震工程研討會, 台南, 2020, pp. 10.
[49] To, D. V.; and Moehle, J. P., "Special Moment Frames with High-Strength Reinforcement-Part 1: Beams," ACI Structural Journal, V. 117, No. 2, Mar, 2020, pp. 239-252.

高強度鋼筋機械式續接性能合格標準及驗證研究
出版機關：內政部建築研究所
電話：(02) 89127890
地址：新北市新店區北新路三段 200 號 13 樓
網址：http://www.abri.gov.tw
編者：李宏仁、林克強、張子宥、林明志
出版年月：109 年 12 月
版次：第一版
ISBN:978-986-5450-43-4 (平裝)