



工作心得及研究報告

地震力量分散裝置 製造、測試、安裝、維護報告

一、施工前概述

(一)、前言

A、地震力量分散裝置

1. 國際上，常見之名稱有二：

(1) Shock Transmission Unit，STU

(2) Lock-Up Device，LUD

2. 主要包含內部流體(Internal Fluid)及錨碇設施

設置於橋梁上部結構與下部結構之間，其功能為藉由流體阻尼力吸收地震力(高速火車緊急剎車)引致之瞬間作用力，使得上部結構與下部結構間形成剛性連接(Rigid Link)，並產生鎖定效果(Lock-up Effect)

3. 當STU所連結之結構物間因溫差、潛變及乾縮等常時狀態下所產生之相對緩慢位移時，STU僅提供輕微阻力($\leq$ 裝置設計荷載10%)，使得結構保持在活動狀態。

B、M15C標地震力量分散裝置之設計參數

1. 設計溫度：0~50°C

2. 最大拖曳力(Max. Drag Force)：10% 最大設計地震力

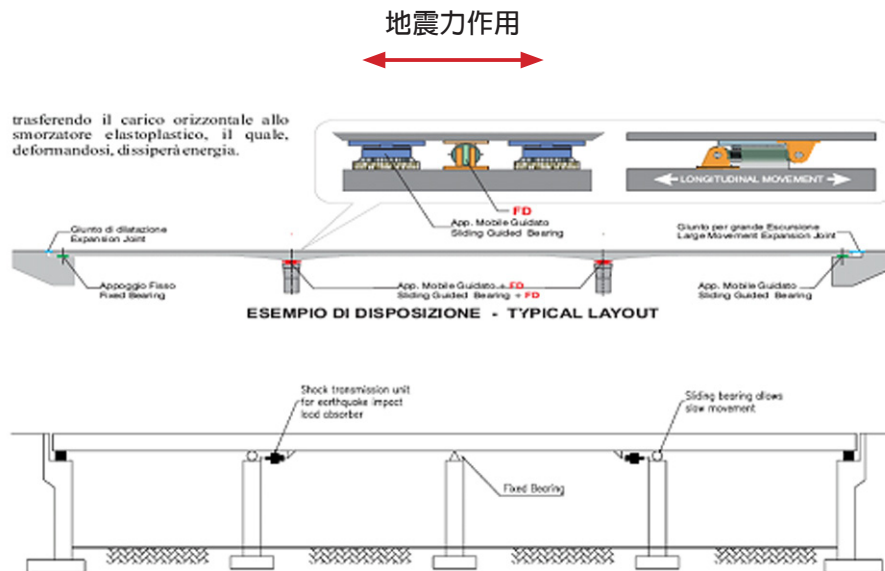
3. 最大設計地震力(Max. EQ Force)：350 T/組

4. 總位移量：±75mm

5. 動力荷載最大位移量：±12mm (@最大設計地震力)

6. 慢速移動試驗中之速度(Slow Movement Velocity)：6.5 mm/hr

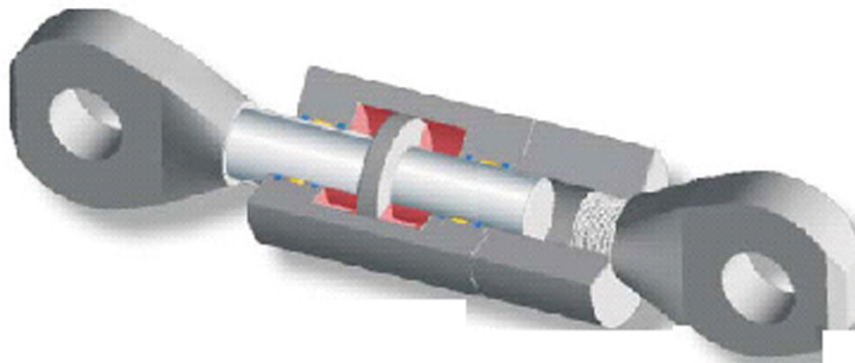
7. 快速移動試驗中之速度(Fast Travel Rate)：2.0 mm/sec



(二)、產品構造

A、STU主要是由兩個腔室以及活塞所組成，而腔室填滿了特殊矽基流體。此特殊矽基流體可經由活塞上的閥門控制於左右兩個腔室間流動。

B、STU 所填充的特殊矽基流體性質相當穩定，其適用的工作溫度範圍從-40℃到+50℃。





(三)、安裝位置

本案地震力量分散裝置(STU)共計16組，安裝於跨中山高兩側四座墩柱上，每墩設置4組地震力量分散裝置(STU)。





(四)、地震力量分散裝置之製造

A、材料規格

1. 地震力量分散裝置

內部流體(Internal Fluid)：應為無毒及不可燃之矽基化合物 (Silicone-based fluid or putty)或經核可之同等品

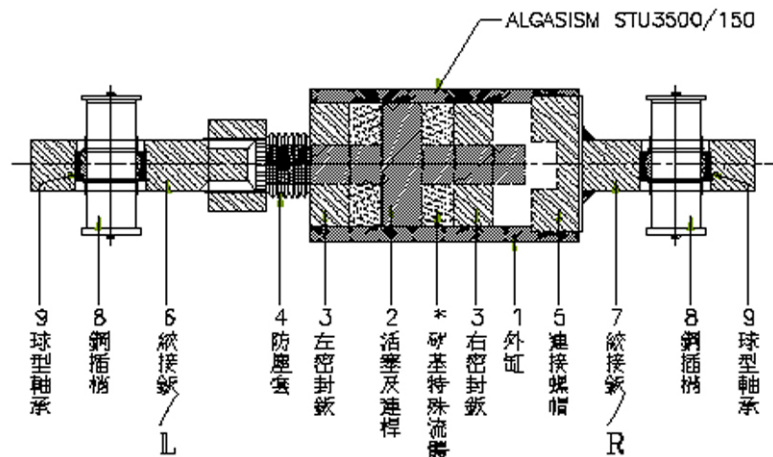
活塞桿件(Piston Rod and Head)及栓(Pin)：ASTM A240 Type 304L, ASTM A564 Type 630或經核可之不銹鋼同等品

其它金屬構件：AISI C1026, AISI 4340或經核可之同等品

2. 托座鋼板：ASTM A709 Gr.50或經核可之同等品

3. 高強度螺栓：ASTM A449或經核可之同等品

4. 托座鋼板及高強度螺栓均應採熱浸鍍鋅處理，其鍍鋅量分別不少於 550 g/m²及350 g/m²





(五)、地震力量分散裝置之測試

A、產品試驗

1. 原型試驗(Prototype Tests)

目的為驗證地震力量分散裝置能符合設計圖說中所規定之設計要求，承包商應依據前述AASHTO規範第32.4.2節之規定，依據設計圖說中規定之最大設計能量為標準，辦理一組試驗

- (1) 液壓試驗 (Hydrostatic Pressure Test)
- (2) 慢速移動試驗 (Slow Movement Test)
- (3) 快速移動試驗 (Fast Movement Test)
- (4) 模擬動態試驗 (Simulated Dynamic Test)
- (5) 超載試驗 (Overload Test)

2. 驗證試驗(Proof Tests)

亦稱為品管試驗(Quality Control Tests)，其主要目的為驗證使用於本工程中之每一組地震力量分散裝置的可靠性，承包商應依據前述AASHTO規範第32.4.3節之規定，依據設計圖說中規定之最大設計能量為標準，就每一組地震力量分散裝置辦理

- (1) 液壓試驗 (Hydrostatic Pressure Test)
- (2) 慢速移動試驗 (Slow Movement Test)
- (3) 快速移動試驗 (Fast Movement Test)



(六)、地震力量分散裝置之施工、安裝要求

A、施工要求

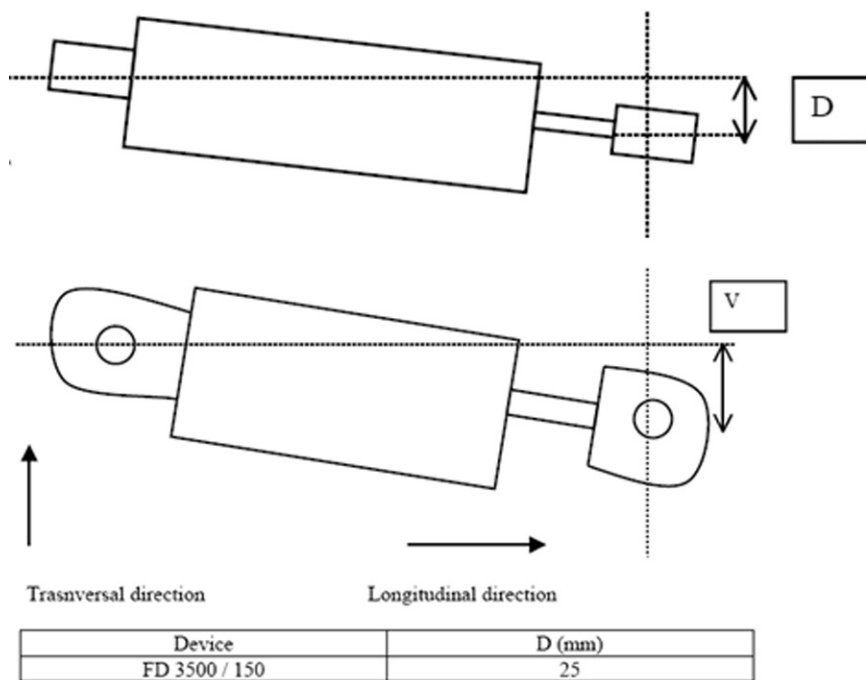
1. 地震力量分散裝置與鋼製托座之連接公差(Connection Tolerance)：栓(Pin)與開孔直徑之最大誤差應小於250mm
2. 地震力量分散裝置之產品保固期限為25年，承包商應於施作前提出相關保證等證明文件送請工程司代表審查核可
3. 承包商應依所採用之地震力量分散裝置，提供完整的安裝手冊(Installation Manuals)



(七)、施工幾何及容許誤差

墩柱及箱梁底版需進行安裝螺栓所需之鑽孔作業，鑽孔孔位之施工允許偏差須控制在 $\pm 3\text{cm}$ 半徑範圍內，鋼板螺栓孔中心與鋼板邊緣至少保持 9cm 之邊距。

上、下托架之鋼插梢軸心距(pin-to-pin)控制在 $1425 \pm 15\text{mm}$ 長度內。而兩端軸心之Y方向高差及Z方向之偏移須控制在 $\pm 25\text{mm}$ 誤差範圍(即 1° 偏斜角) (圖1.e)。



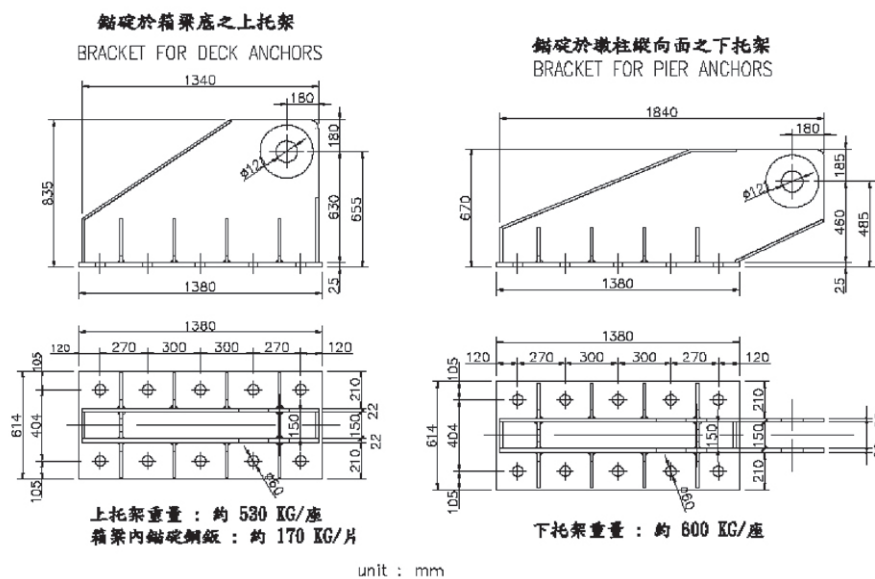
(圖1.e)



二、安裝程序說明

(一)、墩柱孔位放樣

1. 承商考量施作墩柱之寬度為3M，鑽孔行程遠高於箱梁底處(底版合計箱梁內補強墊塊約1.2M)，且墩柱鑽孔為水平攻入(箱梁底為垂直鑽入)其偏差預估將因此放大，故經討論決定鑽孔作業先由墩柱開始，後續梁底之鑽孔則依照墩柱實際孔位調整。
2. 施作前先於欲安裝STU墩柱之前、後縱向面標定出中心線，完成後依此中心線往左、右兩側平移125cm以標定出下托架錨碇板中心線(見下圖2.a)，每座托架由分成5列(上至下列間距27+2@30+27cm)及左、右2排(行間距40.4cm)共計10支鋼棒所固定(圖1.a)。



(圖1.e)

3. 當柱外側放樣完成後，承商接著便進行柱內金屬鋼筋掃描之工作，為驗證其成效，故於先前有請承商辦理說明會，以了解其過程與結果，經證實確可掃描柱外往內30公分處之鋼筋。



(二)、墩柱鑽孔

1. 於2008.08.07日於R3P14墩柱柱位線放樣完成後，開始進行現場掃描之工作(如圖三所示)，透過喜利得專業公司派員使用PS-200S探測器於該墩柱放樣處掃描後立即將結果於PS-200主機之螢幕呈現影像，並當場列印掃描影像(如圖四所示)，再到該墩柱對面再重覆此步驟後，將此兩份掃描影像重疊，再比對由斗南工務段提供先前標之竣工鋼筋圖面，確認鋼筋位置是否與鑽孔位置有所衝突，並做適當之孔位平移調整以避免傷及主筋影響結構強度，確認完成後求得正確之鑿孔位置即進行鑽孔作業，將孔位放樣於柱面兩側(如圖五所示)以驗證由A點鑽至B點出孔位是否吻合，以利校正其鑽孔角度，結構鑽孔控制其偏差在容許範圍內(半徑3cm內)，完成後以等同(或略大於)鋼棒口徑之鋼管導入鑽孔內以確認是否足供鋼棒穿入之所需。
2. 於現場承商為便利作業，特於墩柱非鑽孔面，裝設角鋼，以便讓鑽孔工人，能清楚了解兩點孔位所構成之軸線，以便調整鑽孔機盤面。於鑽孔過程除隨時注意鑽孔速率需緩慢穩定不可躁進外，並由台灣世曦派員全程緊盯，第一孔鑽孔共花費3.5小時，檢視成果，成績令人滿意，並未鑽到任何鋼筋，(如圖六所示)，顯示之前之準備方向及討論多很正確。往後一台鑽機保持每日兩孔之進度，共有兩台鑽機於現場施作。柱位鑽孔成果如圖七所示，柱位鑽孔程序如圖八所示。



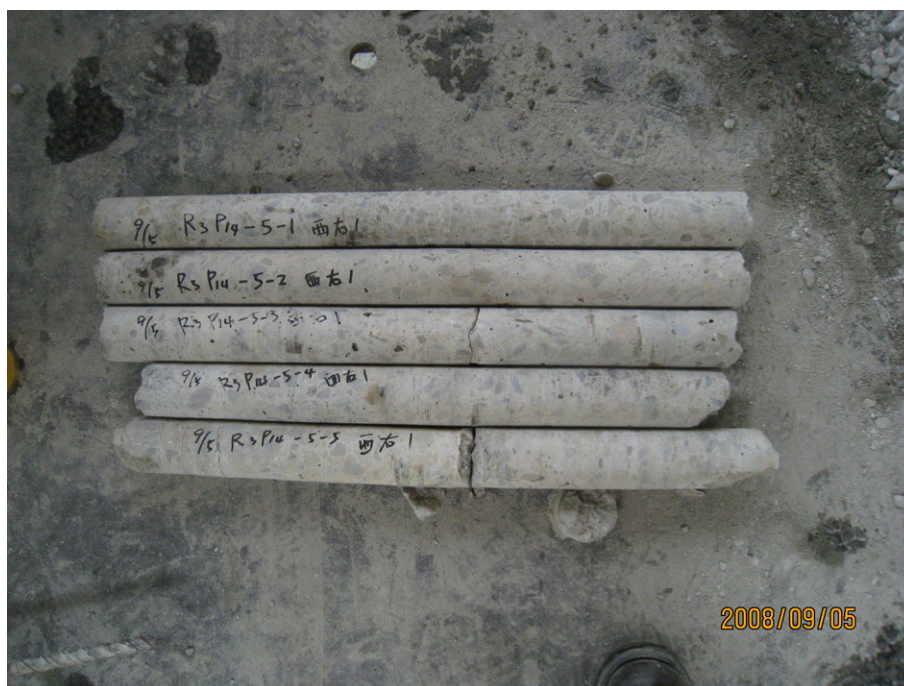
圖三.墩柱掃描鋼筋分布情形



圖四.資料傳輸即時影像顯示



圖五.鑽機定位



圖六.墩柱混凝土鑽孔後成果，未鑽到鋼筋



圖七.鑽孔完成情形

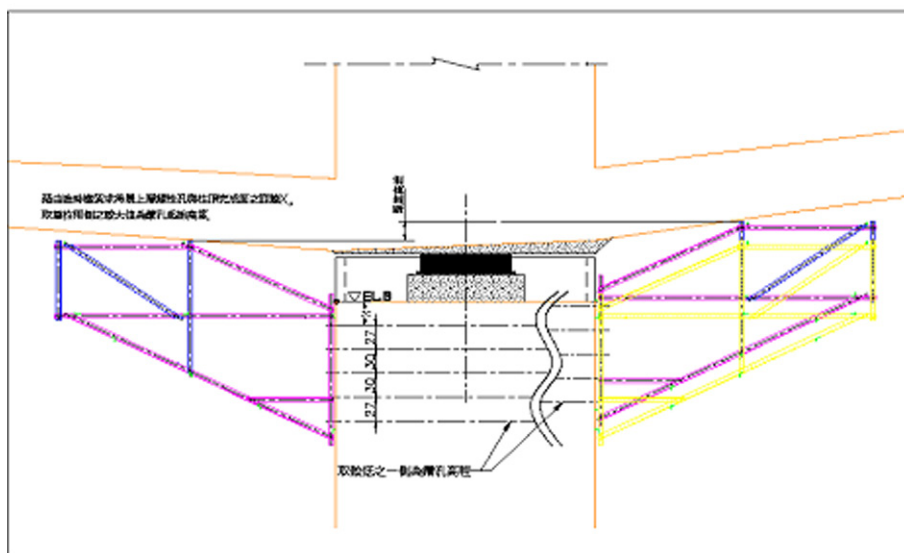


圖八.墩柱鑽孔流程圖



(三)、梁底孔位放樣

1. 因箱梁底坡度於墩柱前後兩側有所差異，而上、下托架之相對位置空間需求為固定(圖1.f)，為避免因鑽孔位置不當造成日後上托架安裝時空間不足或過大，故承商自製臨時之樣架(尺寸依照上、下托架之相對空間位置來做初步確定。(如圖九所示)。方式如下:將臨時樣架對齊墩柱前後相對應之下托架錨碇鉸中心線進行上下平移在上托架錨碇鉸位置與箱梁底至少保留5cm間隙條件下先標示出每一側鋼棒高度位置，待墩柱前後相對應兩側之個別鑽孔高度標示完成後，取較低之一側為鋼棒預設鑽孔高程。



(圖1.f)



圖九.臨時樣架放樣上拖座孔位



2. 當墩柱鑽孔之同時，箱梁內部底版之植筋及鋪設R.C.水平加強墊塊工程亦同步進行。其過程為由承商提供相關施工圖後，利用高空作業車先將箱梁底壓克力蓋板拆除，並利用偵測器測試箱梁內空氣含氧量有無達安全規定值，經確認後再將相關器材(照明及通風設備)裝設完成，始進入施工位置先將該處清潔乾淨後便進行放樣、植筋、拉拔、鋼筋綁紮、檢驗、灌漿。
3. 於箱梁內部進行放樣量測時，透過既有之底版落水孔及測量儀器將箱梁外墩柱之相關基準線引入箱梁內部即可依照所對應之下托架錨碇板中心線劃定上托架中心軸，標定方式如圖2.a所示。

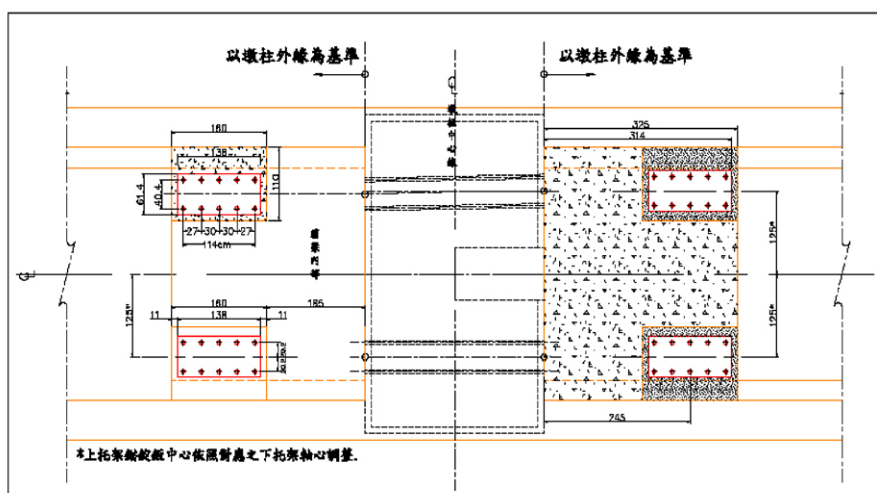


圖2.a上拖座中心軸定位法



(四)、箱梁底板鑽孔

於箱梁底板孔位放樣完成後即進行鑽孔作業，如同墩柱之鑽孔，惟因箱梁底板鑽孔行程短且為垂直往下鑽，故其出孔之偏差應控制於1.5cm範圍內，其鑽孔流程如圖十所示。



圖十.箱梁底板加厚工程及鑽孔流程

(五)、托架鑽孔加工及熱浸鍍鋅

當墩柱及箱梁底板於鑽孔作業完成後，逐一將各托架實際之鑽孔位置摹繪於透明膠紙上並標記托架編號，送交工廠進行托架之孔位核對及鉗孔作業。部份或全數托架鉗孔完成後即送往進行熱浸鍍鋅，完成後逐一標示托架編號以運交工地使用。



(六)、鋼棒及鋼托架安裝

1. 利用2台高空作業車逐一將鋼棒置入墩柱鑽孔內並預留兩端相等之外露餘長，再將箱梁內之錨碇板(約170kg/片)置入並對齊孔位，鋼棒一端先旋入螺帽後由另一端穿入底版孔內，使鋼棒垂掛於底版下方(圖2.b)。
2. 利用起重機改良後之吊桿將下托架(約600kg/座)移至錨碇位置高度後，搭配另一台高空作業車對準鋼棒孔位緩緩將鋼棒導入錨碇板孔內，旋入螺帽以防鋼棒脫離下托架，完成後將下托架推往墩柱面(保留約5cm間隙以利STU本體安裝時調整距離所需)。重複上一步驟進行墩柱另一端托架之安裝，完成後旋入螺帽以防托架與鋼棒脫離，完成後將下托架推往墩柱面(保留5cm間隙)。
3. 利用起重機改良後之吊桿將上托架(約530kg/座)移至錨碇位置高度後，搭配另一台高空作業車對準鋼棒孔位緩緩將鋼棒導入錨碇板孔內(錨碇板維持水平)而箱梁內亦須有另一組人於內部呼應，旋入螺帽以吊掛住上托架，完成後旋轉螺帽以調整上托架之高度及水平度。重複上一步驟進行另一側箱梁底上托架之安裝，完成後旋轉螺帽調整上托架之高度及水平度。

上下拖座使用吊桿請參考圖十一所示。

上下拖座安裝流程請參考圖十二所示。

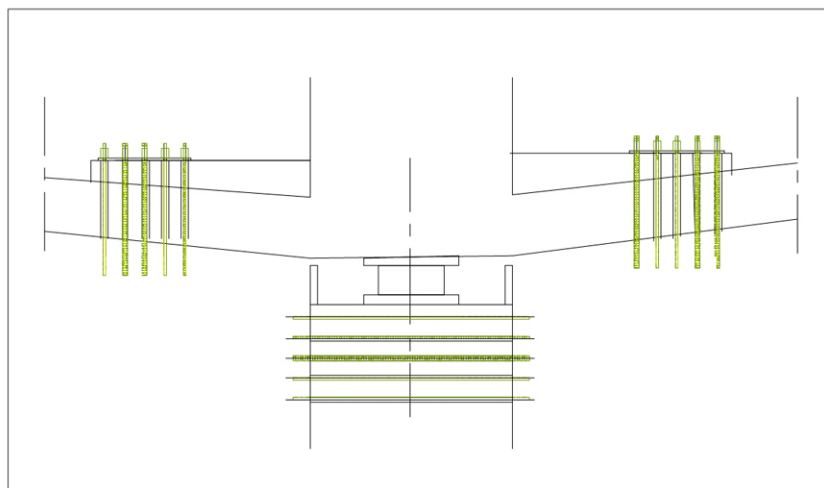


圖2.b 穿入鋼棒



圖十一上下拖座使用吊桿



圖十二上下拖座安裝流程



(七)、地震力量分散裝置STU安裝

當上下拖座架安裝完成後，便可於阿爾格譚技師指導下進行STU本體(880KG/組)之安裝如圖十二所示。安裝方式是利用起重機及改良後吊桿，將以用麻繩綁好之STU本體緩緩吊起，並搭配高控作業車，而箱梁內亦有另一組人員待命，由高空作業車上其中一人，透過無線對講機，指揮所有施工人員，一步步將鋼插銷推入左右側球形軸承後鋼插銷塗上潤滑油，鋼插銷兩端以蓋板封住旋緊。

重複上一步驟進行另一STU本體之安裝，完成後鋼插銷兩端以蓋板封住旋緊。接著進行微調，以期讓球形軸承勿磨擦到拖座連接板。



圖十二.STU本體安裝情形

當16組STU本體安裝完成即微調完成後，接著便由阿爾格公司請義大利原廠技師馬可先生至現場逐一檢查16組STU安裝後之情形(如圖十三所示)，並立即改善完成，再讓其複檢至合格後開立合格證明單，以驗證現場組裝無誤，始離開台灣。STU本體組裝流程如圖十四所示。



圖十三.義大利技師至現場檢查情形



圖十四.STU本體組裝流程



(八)、上下托座無收縮水泥砂漿灌漿

於馬可先生離台後，接著便進行下托座及強力螺栓內部無收縮水泥之澆注工作，於施作前承商已進行一系列之封邊及試水動作，以免讓漿體遺漏情形。

下托座澆置完成3日後便再逐一檢查16組STU有無因凝固收縮而造成位移之情形發生。經檢查無誤後便進行上托座無收縮水泥砂漿澆注，由於上托座與現場橋樑箱型樑底部尚有15~25CM空間，故有依義大利技師建議，托座與箱梁底超過30公分者，需先植筋後，方能灌無收縮水泥砂漿。現場於箱梁底植入#5鋼筋@20各一支，再以#3鋼筋交互圍束後經檢查無誤，再封模。

上托座之無收縮水泥砂漿澆置程序於封模前便須置入2個導管軟管，中一個作為沙漿注漿用位置為於箱梁底外部，另一個作為透氣及檢視用此軟管比箱梁內底板高程高。灌漿方式為採用低壓灌漿。



(九)、檢查及維護

待STU上下托架澆置完成強度到達後，接著便是進行強力螺栓螺帽旋緊及外觀清潔與防蝕修補作業如圖十五檢查及維護流程所示。



圖十五.STU檢查及維護流程