

拱形力霸鋼架蓋頂工程之設計與施工

胡衛良

本工程雖為一新型設計，但一切均有學理根據，及技術員工多年之工程經驗全力應付，本工程於全部完成後保證絕對安全可靠，並為我建築界提供一新耳目之新型美觀建築物。茲分別述說其要點如下：

(一) 設計根據：

- (1) 基礎土壤承载力 6.1 kip/Ft² (30²T/m²)
- (2) 靜載重 (包括鋼架桁條屋面板材料等) 10 Ib/Ft²

(3) 活載重

(4) 風力 (垂直面) 15 Ib/Ft² (Spices)

(5) 地震係數 30 Ib/Ft²

(6) 鋼條應拉力 0.1

(7) 鋼條應壓力 18,000 Ib/in²

(11) 設計要點：

按照 A.I.S.C. 規範計算

(1) 由於該體育館之基礎、柱子、牆壁及看臺，均已完成，故屋頂鋼架之設計，必需受此項已成工程之限制，同時應顧及外形之美觀。

(2) 體育館平面為一長 73m 寬 51.4m 之橢圓形，中間部份配置跨度 51.4m 拱架八架，拱架間配置

直形桁條。兩端各配置跨度 48.86m 及 42.41m 拱架各一架，其拱頂亦逐漸降低，拱架間配置彎形鋼桁條，使完成後之屋頂，四週均為圓拱形，美觀大方。

(3) 為求屋頂蓋成後，柱子所增加之應力及柱基土壤所增加之承载力，減少至最低限度，拱架採用二鉸式拋物線形，而兩鉸間用平拉桿拉緊以負擔拱架所生之水平推力，使其在靜重及活重狀態時，柱子僅受垂直荷重。

(4) 為使風力所加於柱子之水平推力，不致影響柱基土壤承载力之安全，各拱架之跨度與拱高比為 8:1 至 10:1。

(5) 拱架與拱架之間，上弦均有力霸鋼桁條撐緊。下弦均用斜拉桿拉緊，並配置橫隔梁四排自一端直達另一端，以減少下弦因地震而震蕩時所發生之應力。

(6) 拱架桁條、拉桿、及橫隔梁等，全部鋼料共重一四五噸，較諸一般鋼結構，減輕甚多，故該體育館採用力霸結構，實為最適宜之選擇。

(三) 鋼架結構：

(1) 拱架爲二鉸式，一端固定，一端可以滑動。兩鉸間用 $1\frac{3}{8}$ " ϕ 鋼條拉桿四支，連成一組，並以 $1\frac{1}{8}$ " ϕ 鋼條之垂直吊桿與拱架相連，吊桿之距離約爲 3.0m 以保持拉桿之水平。

(2) 每根拉桿使用螺旋扣 (Turnbuckle) 四只以調整拱架應有之跨度及拉桿應有之張力。拱架之簷口離看臺邊牆頂，保留 1.0m 之空間，以增加四週光線及通風面積，將來由市府自行裝置搖頭鋼窗。

(3) 每一拱架分爲五節，而以力霸接頭 (Splice) 連成一體。拱架之斷面爲雙三角形式，上下主筋爲六根 $1\frac{1}{8}$ " ϕ 鋼條，直腹筋爲 $\frac{3}{4}$ " ϕ 鋼條，平腹筋爲 $\frac{1}{2}$ " ϕ 及 $\frac{5}{8}$ " ϕ 鋼條。

(4) 兩端之四架拱架，爲適應圓拱形屋面之要求，其斷面上主筋有一坡度，而坡度之大小，各點不一，以適應双向拋物線拱面之要求。

(5) 桁條斷面爲單直角三角形，主筋爲 $1\frac{1}{2}$ " ϕ 鋼條，腹筋爲 $\frac{3}{8}$ " ϕ 鋼條。中間各拱架間之桁條爲直桁條，兩端拱架間之桁條爲彎形桁條，其長短及形狀以能適應双向拋物線拱面之要求爲原則。

(6) 橫隔梁之斷面爲等腰三角形，主筋分別爲 $1\frac{1}{2}$ " ϕ 及 $\frac{5}{8}$ " ϕ 鋼條，腹筋分別爲 $\frac{3}{8}$ " ϕ 及 $1\frac{1}{2}$ " ϕ 鋼條。

(四) 屋面結構：

(7) 各拱架之水平拉桿間，用 $\frac{3}{4}$ " ϕ 鋼條四排連結，以減少拉桿與吊桿之擺動。

(8) 中間六架拱架之上，安裝 6.0m 跨度 1.2m 簷高之氣樓架一架，相互連成長 30.0m 寬 6.0m 高 1.2m 之通風氣樓一座，以利採光及通風之用。

(1) 鋼架與桁條頂面先鋪設 $1\frac{1}{2}$ " 厚木板一層，底面飽光，兩側做成一公分凹凸槽接合縫，上下兩端並做成長二公分之高低接合伸縮縫，每塊木板寬一三·五公分，長約三·五公尺，用四只 $1\frac{1}{2}$ " ϕ 鈎形螺釘固定在桁條之上，接合邊緣並用鐵釘加強釘牢，使無彎曲變形之弊。

(2) 木板之上鋪設廿二公斤長城牌牛毛毡防水層。

(3) 最頂面使用廿八號平型黑鐵皮，兩面浸柏油，候充分乾燥後再行鋪砌，並每隔七十四公分用 4×3 公分縱向木壓條，外包鐵皮以鈎螺釘貫穿木板固定在桁條之上，並於相當距離加上鐵釘補強，如此裝置絕對堅牢，當不虞颱風侵襲損毀。又鐵皮與鐵皮間之搭接做成兩相反方向之搭口，另加鐵扣片扣緊，所有鐵皮外面全無釘頭暴露，保證絕不漏水。

(4) 屋面中部之通氣樓兩側全做成玻璃百頁窗，以利透光通風，頂部除使用廿六號波型鐵皮另加牛毛毡防水層及木板外，每一傾斜面安裝一公

尺寬之壓力克透明塑膠玻璃各一排，均以鈎形螺釘栓緊。

(五) 施工經過

(1) 開工初期除先行按照進度集中全力製造鋼架及桁條外，同時複測已成支柱間之確實距離（原體育館設計圖尺寸與實際完成之柱頭距離稍有不同）改裝柱頭，銲接基座螺栓，使與原支柱內之鋼筋連接一起，然後每一支柱之上配裝螺栓位置之樣板一塊，以作製造支座底飯螺孔位置之用，盡可能使安裝時不發生困難。

(2) 在製造鋼架及改裝柱頭期間，同時進行另一工程，即看臺東面加混凝土樓面板等工作。此項樓面之增加係作為柔道室之用，原非包括在屋頂工程之內，議價時一併附入，造價不變，如以本公司全部造價而論，此項增加工程等於免費辦理。

(3) 鋼架製造時分為製模，錘直鋼條，切斷鋼料，分片點焊，併裝後全焊及糾正等步驟。每一拱架因全長過長，共分五節製造，然後拼接，製成後先行試裝，調整底部距離，使每一拱架與實際支柱之距離完全吻合為止。然後再行拆卸，予以去銹油漆。安裝時分節運送現場吊裝。

(4) 吊裝方法，煞費躊躇，原因拱架重量雖僅約七噸上下，但以場地受已成兩面傾斜之看臺限制，無法施展鋼架配裝起重之種種有利設備，益以看臺入口過低，起重吊車無法進入，即使進

入亦無適合位置可以安放。因之決定使用本公司之力霸吊桿兩支，其後又改用三支，每支原始設計時吊重為十噸，其後又加強至每支吊重至三十噸。分別吊裝兩節連在一起之拱架然後在吊起後在高空予以連接，此種工作，頗為危險。在最初吊裝第一、二兩拱架時，經過甚為順利，迄吊裝第三拱架時，曾發生意外事件，使全部安裝工作因而略有停頓，嗣經重加安排後，瞬又恢復工作，其後進行甚為順利。計拱架十二架，以每兩天吊裝一架孔之速度，業於本年十月卅一日完成全部屋面鋼架安裝工程。

(5) 拱架吊裝工作雖困難，但歷時僅四小時便告完畢，最為費時費事者為橫直拉條之吊裝，雖全部拉條重量僅約一噸，因其性軟，配接時甚為困難，全部裝齊並將螺旋扣調整後已歷六小時之過程。平均拱架吊裝每天可以完成一架，其餘裝置桁條及移動吊桿位置需時一天，故平均每兩天完成一架孔，統計全部安裝時間為廿五天。

(6) 鋼架裝妥後除桁條已於安裝前加以一度底漆外，拱架及其他配件於裝妥後再行施以面漆。面漆為淺綠色保麗漆，甚覺美觀。

(7) 屋面配裝工作雖較費時，但無危險性，預計在本年十二月內當可全部完成。

(8) 本工程訂約時原係一八〇工作天完成，計自本年七月中旬開始，預計本年十二月下旬全部告成，較預定進度約可提前二〇天。