

《封面故事》



安坑輕軌安心橋為鋼桁架式不對稱斜張橋，從設計階段即納入永續規劃。

## 安坑輕軌安心橋 永續性設計施工管理

- 李政安 新北市政府捷運工程局 局長  
曾國嵐 新北市政府捷運工程局 專門委員  
周茂益 新北市政府捷運工程局 安坑工務所正工程司  
張珮璇 新北市政府捷運工程局 安坑工務所副工程司  
劉泰儀 新亞建設開發股份有限公司 總工程師／博士

### 鋼桁架不對稱斜張橋 今年 2 月通車

本文介紹建造安坑輕軌中「安心橋」在永續問題上的挑戰和施工團隊的解決方案。此一橋梁最初採「鋼拱結構」作設計構想，惟此一型式之鋼橋，於施工期間對新店溪的河流流量、生態破壞、河道水質等，均可能造成明顯而有害之影響。本案之統包商「新亞建設公司」遂將橋梁的設計修改為「鋼桁架式不對稱斜張橋」，這種新設計運用了較先進且環保之施工工法，包括超重型塔式吊車系統、鋼桁架安裝系統；同時也進行超大荷重基樁載重測試、風洞測試；更引用優質鋼

## 《封面故事》

纜系統、複雜構件尺寸管理系統，以及導入並運用 BIM 技術，施工中亦盡可能減低橋梁建造對新店溪行水區產生任何影響。本工程施工團隊在永續管理的關鍵議題方面，探討了包括如何降低風險、增加可靠性、生態保育、環境保護和減碳、節能、減廢和耐久性等問題，從這些研究獲得之試驗成果、施工紀錄和各項相關報告及數據中，均呈現出極佳之結果。在本文中，作者們分享了施工團隊在安心橋永續管理上的努力與獲致之成效。

位於新北市的安坑輕軌運輸系統計畫專案於 2016 年開始進行，已於 2023 年 2 月 10 日通車並提供交通運輸服務。在規劃設計安坑輕軌中跨越新店溪的安心橋時，工程師們面臨著重大挑戰，需要在此一階段即找到解決方案，如表一所示。

表一 安心橋規劃設計階段之挑戰和解決方案

挑戰	面臨問題	解決方案
對新店溪的影響	施工過程很有可能影響新店溪之水流，同時對溪中之水生動物造成有害之影響。	新設計「非對稱斜張鋼桁橋」(Asymmetrical Cable-Stayed design with Truss Frames, ACSTF) 取代原規劃之鋼拱橋 (Steel Arch Bridge, SAB)，施工時採用特殊吊裝工法；施工中持續觀察新店溪中之水生動物生態情況。
安心橋之安全性和巨大的荷重能量需求	巨大的靜荷載和活荷載於使用時，會施加在橋梁上。設計及施工時需驗證安心橋之負載能力以保證橋梁的安全性。	進行基樁載重試驗、風洞試驗、配置斜張鋼纜系統，並裝設長時程之橋梁監測系統。
橋梁吊裝施工期間的風險	安心橋鋼構件的安裝工作可能會導致危險情況。	特別使用巨型塔式吊車 (ST-3330)，並設計包括：前端吊車、運輸台車及吊料起重機等特殊設備之鋼桁架吊裝系統 (Truss-Frame Erection System, TFES)。
巨量且複雜之工廠製造和現場安裝構件管理	數萬件鋼構件在製造和安裝過程中容易造成錯誤。	導入 BIM 技術並針對全部鋼構件規劃特殊之物料管理與識別追溯系統。

---

**《封面故事》**

在安坑輕軌及安心橋之規劃設計中，施工團隊進行永續管理議題之研究，並於施工實務上運用管理方法，以盡量減少此一系統在生命週期內對環境和人們生活的可能影響[11]。期盼本文內容可以為工程之永續發展與管理提供有價值之參考資料。

## 工法特色

安心橋之建造運用永續的工法與技術，於本文中概略描述，以呈現本案例在永續管理的研究成果。此一新設計的結構類型，亦即「非對稱斜張鋼桁橋設計 ( ACSTF ) 」，旨在為本項工作的挑戰提供永續之解決方案，其主要工作及目標如下：

1. **ACSTF 不對稱斜拉系統之設計**：可防止大量橋墩及臨時施工構台設置於新店溪的行水區。
2. **巨型塔式吊車 ST3330**：顯著提高安心橋鋼構件吊裝安全性。
3. **前端吊車、運輸台車及吊料起重機等特殊設備之鋼桁架吊裝系統 ( TFES )**：避免在新店溪行水區設置任何臨時施工設施。
4. **基樁靜載重試驗**：驗證所設計基樁之實際承載力。
5. **風洞試驗**：驗證 ACSTF 結構在大風情況下的穩定性和耐久性。
6. **特殊構件管理**：協助大量鋼構件形狀和尺寸的工廠製造和現場吊裝管理。
7. **鋼纜系統**：為整個橋梁結構 ( 包括靜載重和活載重 ) 提供主要支撐力，以確保 ACSTF 結構的穩定性和耐久性。
8. **景觀設計**：結合塔架和斜張鋼纜系統，模擬大鵬鳥展翅高飛雄姿。

## 《封面故事》

9. **BIM 技術的應用**：協助整個安心橋生命週期，包括設計、施工、運營和拆除階段之管理。
10. **新店溪水生動物觀察**：了解各類水生動物在新店溪及其支流中的生活條件和現狀。
11. **長時程橋梁監測系統**：在營運階段監測安心橋之安全情況。

## 安坑輕軌工程概述

安坑輕軌系統於 2016 年開始規劃興建，設計路線總長度為 7.5 公里，路線起點為安泰路附近的維修及駐車機廠，終點與環狀線十四張站銜接，共包含 9 個車站，分別為 K1 至 K9，包括 5 個高架車站 ( K2 和 K6 至 K9 ) 和 4 個平面車站 ( K1 和 K3 至 K5 )。圖一所示為整個安坑輕軌的計畫路線。其中 K8 站和 K9 間，即為本論文介紹之安心橋，是連接新店溪兩岸 ( 即安坑和新店 ) 的最主要結構。



圖一 安坑輕軌的計畫路線

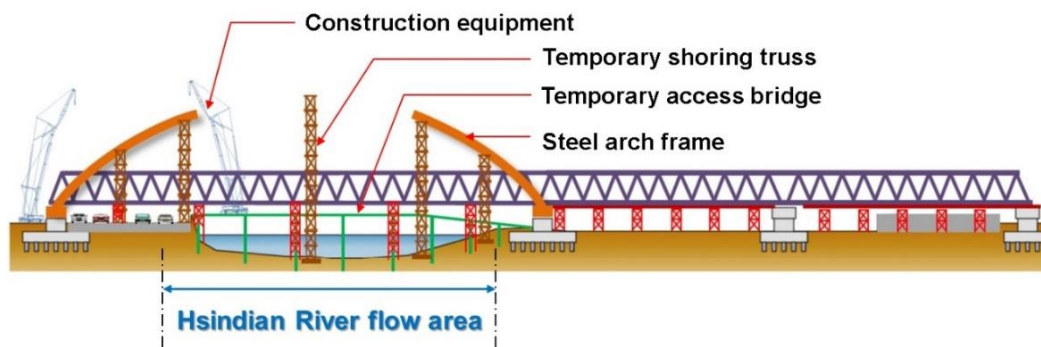


## 《封面故事》

此橋梁在設計階段，即考慮了上述所有永續的議題，並確定橋梁結構型式。施工團隊評估了所有永續指標，且為現場施工評估選擇了最具永續性的工法。如圖一所示，紅色圓圈處為安心橋之位置，這座橋連接新店溪兩岸的 K8 和 K9 站之間。施工團隊以工程永續為考量，最終採用以 ACSTF 不對稱斜張設計，將 12 對鋼纜安裝在鋼橋塔和鋼桁架頂部鋼箱梁之間，其中包括四種不同數量的鋼腱，亦即 55、61、66 和 73，鋼腱數係依據所需要之預力來決定。

### 橋梁結構型式之評估及選擇

在安心橋前期規劃階段，原始概念係採用鋼拱橋 ( SAB ) 作為基本設計。圖二所示為安心橋之最初設計概念[11]。

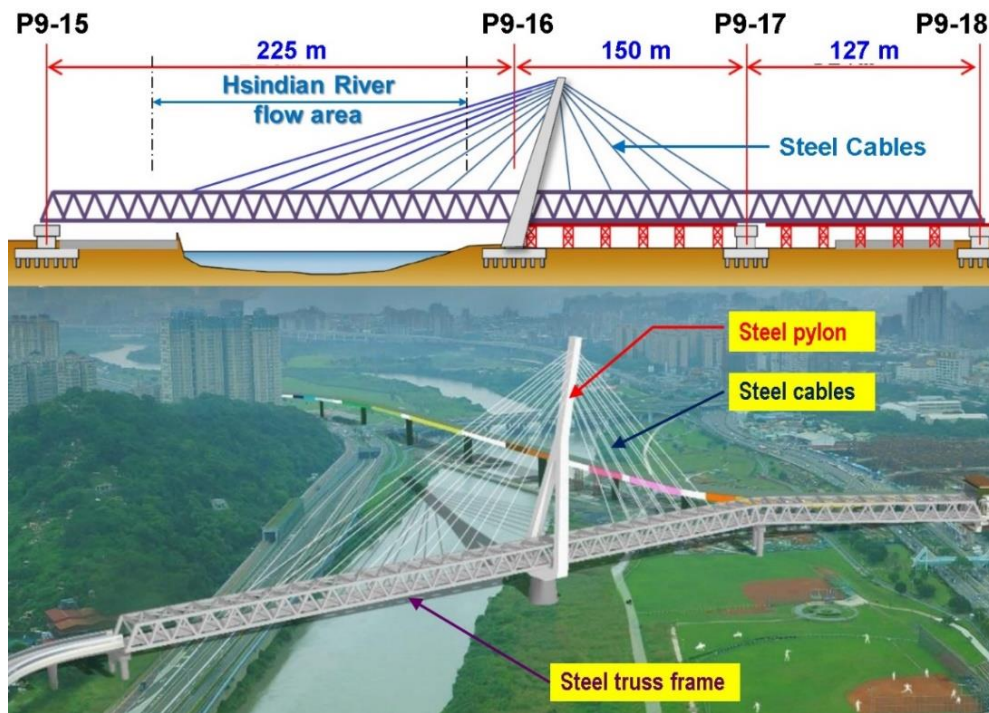


圖二 安心橋最初設計概念[11]

依據最初之設計概念，施工期間必須設置大量之臨時支撐塔座及架設施工便橋，如圖二所示。其施工時程長，對新店溪流水情況及水生動物，勢必產生有害之影響；此外，施工期間的風險亦將大大增加。為了盡量減少發生危險的可能性，施工團隊必須設計不同結構型式及工法，以防止前述情況發生。另外，臺灣在夏季颱風頻繁，若建造施工臨時鋼便橋，在颱風期間，所有物料均須撤離，除影響施工成本與進度外，亦增加施工風險。因此，施工團隊設計出更安全的結構類型

## 《封面故事》

ACSTF，取代原始鋼拱橋。圖三所示為新設計之安心橋配置立面圖及模擬圖。



圖三 安心橋之配置立面圖及模擬圖[11]

在評估橋梁結構型式時，施工團隊依據表二中所列出之永續指標，對 SAB 和 ACSTF 兩種不同橋梁結構型式進行比較。表二列出了 SAB 和 ACSTF 間之比較評估結果，這兩個選項的評估涵蓋了操作／維護階段以及施工階段，就橋梁的生命週期而言，在施工階段透過環境保護和生態保育措施進而避免造成有害影響，在運營／維護階段也同樣地重要。

由表二在各項永續指標關鍵議題之比較結果，最終選擇了「不對稱斜張鋼桁橋」ACSTF 作為安心橋的結構型式。

## 《封面故事》

表二 SAB和ACSTF兩種不同橋梁結構型式之永續管理指標比較

永續指標	鋼拱橋 (SAB)	不對稱斜張鋼桁橋 (ACSTF)
安全與風險管控 Safety and risk mitigation		●
可靠度 Reliability	●	●
環境保護 Environment protection		●
生態保育 Ecological conservation		●
耐久性 Durability	●	●
景觀 Landscape		●
施工時程 Construction duration		●
設計創意 Creativity		●
最終選擇方案		●

## 安心橋之永續管理實務

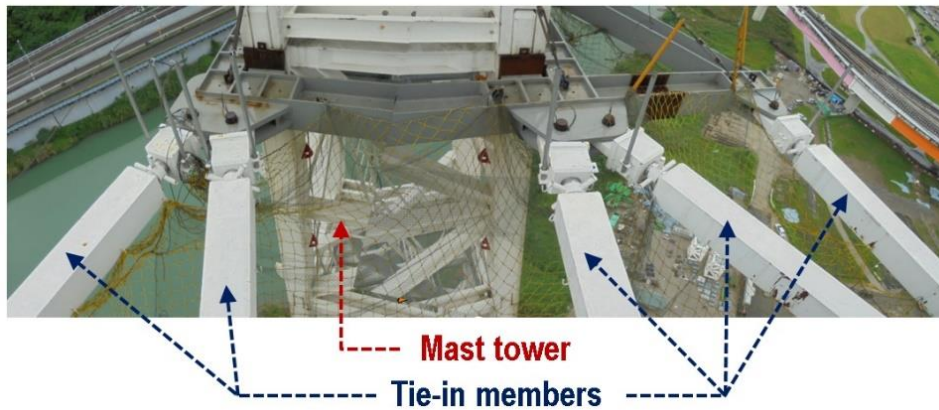
本論文針對安心橋在永續管理實務上，就安全與風險管控、可靠度、環境保護、生態保育、耐久性、景觀以及設計創意等議題分別進一步討論。

### 一、安全與風險管控

各項基礎設施的安全議題，應該是首要重視的部分，我們都知道，驗證和增進生命週期內的安全管理，對設計和施工團隊而言至關重要。安心橋的橋梁結構包括三個主要部分：(1) 130m 高的鋼塔、(2) 502m 長的鋼桁橋、(3) 重達 1,250t 的鋼纜。為了解決和降低施工中之風險，安心橋在吊裝時，規劃採用獨特設計的特殊吊裝設備，包括巨型塔式吊車 (ST3330) 和鋼桁架橋吊裝系統 (TFES)。

130m 鋼橋塔及部分鋼桁架構件，施工團隊採用了巨型塔式吊車 ST3330，用以吊裝共分成 17 個單元之鋼橋塔。吊車裝設於鋼橋塔旁，以四座連接框架 (Tie-in) 固定，連接框架如圖四所示。

## 《封面故事》



圖四 巨型塔式吊車之連接框架(Tie-in)

經由連接框架之連接，確認了 ST3330 之穩定及安全性，圖五所示為 ST3330 塔吊的現場照片。此外，施工中亦隨時對所有臨時設施進行嚴格的現場檢查，例如臨時施工平台的寬度和扶手的高度等，以確保安全，並避免在施工階段發生任何人員傷害的可能性，這也是現場風險管控之的重點項目。圖六所示為針對 ST3330 臨時工作平台的各項檢查。



圖五 ST3330 塔吊照片



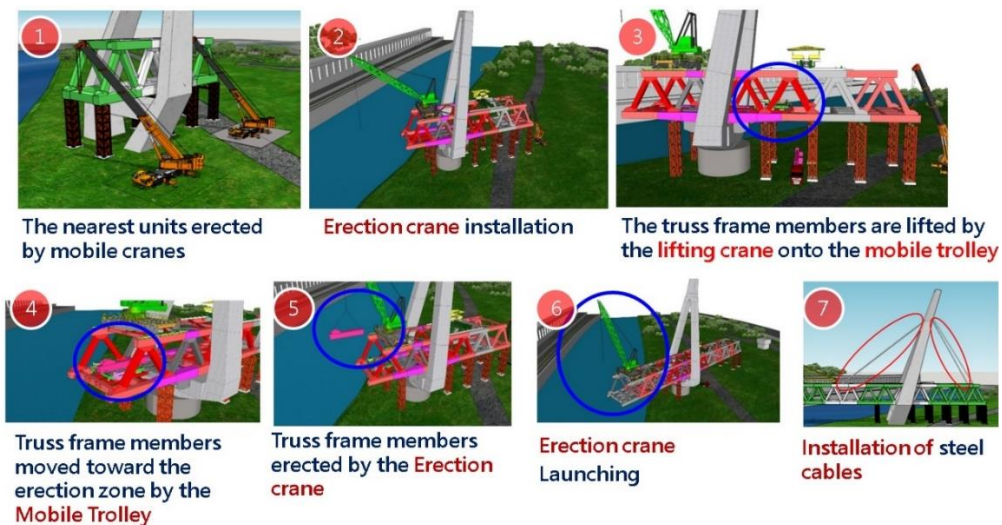
《封面故事》



圖六 針對 ST3330 臨時工作平台的各項檢查

為順利進行鋼桁架橋之吊裝作業，施工團隊規劃了一種特殊的吊裝系統，即鋼桁架吊裝系統 (TFES)，作為一種永續的解決方案，以避免在安心橋鋼構件吊裝過程中，因臨時支撐系統造成的河流流量與生態之影響。其中包含安裝水平鋼桁架梁和支撐構件所需的設備。TFES 吊裝系統包含三個主要元件：

1. 吊料起重機：吊升荷重為 48 噸。
2. 運輸台車：可以運送重達 35 噸的鋼構件。
3. 前端吊車：吊升荷重為 50 噸。



圖七 鋼桁架橋吊裝步驟

## 《封面故事》

吊料起重機將每個桁架構件吊升到運輸台車之平台上。然後，運輸台車將構件以每分鐘 6m 的速度運送到前端安裝區域，鋼構件到達安裝區後，前端吊車即進行所有吊裝工作，如圖七所示。

採用 TFES 吊裝系統後，即無需在新店溪行水區設置任何臨時設施或設備，這顯著降低了風險的機率。此外，所有架設工作，包括構件連接、螺栓穿透和鎖緊、現場查驗等作業，均可在 TFES 的附屬平台上進行，這些設施為安裝和檢查人員均提供了安全的工作環境。另外，由於新店溪行水區沒有架設任何臨時支撐和鋼便橋，亦縮短整體施工時程。圖八所示為 TFES 的現場照片。圖九所示為鋼桁架梁螺栓穿鎖作業[11]。



圖八 TFES 的現場照片: (a)近鋼橋塔段，(b)近 P9-18 段。



圖九 鋼桁架梁螺栓穿鎖作業[11]

## 二、耐久性

### 1.橋墩基礎超高荷重：設計、施工和檢查

安心橋全長 502 米，包括四座橋墩，P9-18，P9-17，P9-16 和 P9-15，它們是橋梁的下部結構。這四個橋墩上有三跨鋼桁架，跨度長分別為 225 m、150 m 和 127 m，如圖三所示。由於採用 ACSTF 設計的安心橋跨度較長 (225m)，因此新店溪流水區不需要設置橋墩，此一長度係目前國內最長跨度之軌道橋。安心橋之大部分荷重，包括鋼橋塔、鋼桁架整個橋梁的列車荷重，都施加於 P9-16 橋墩。因此，P9-16 設計和總能量應足以承受如此高之載重。總長度 375m 鋼桁架之靜載重和活載重經 12 對鋼纜傳遞到 P9-16 橋塔，因此，P9-16 橋墩和基樁需要設計高承載能力[11]。

P9-16 的基礎厚度 5m 厚，底下打設 42 支直徑 2m、長度 35m 的全套管基樁。整個橋墩施工均依循核定之施工計畫書[19]，以及最嚴格之現場品管程序[20]，以確保橋梁之品質及耐久性[11]。所有品管檢測之結果均驗證基樁和基礎之超高品質。圖十所示為基樁鋼筋籠吊裝作業情形。



圖十 基樁施工鋼筋籠吊裝作業情形

## 2. 基樁靜載重試驗

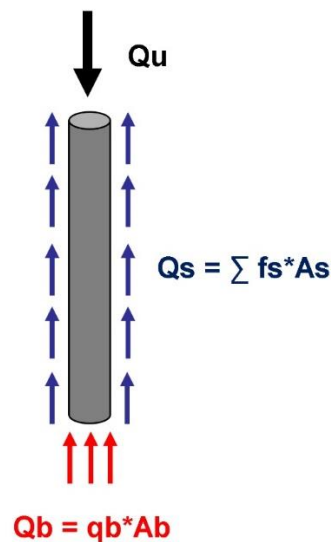
由於 P9-16 橋墩將承受極高的荷重，因此 P9-16 基礎開始施作之前，必須驗證基樁之承載能力。試驗樁係由業主及監造工程師由 42 支基樁中隨機抽樣選取。基樁之荷重能量，係由公式 (1) 計算樁尖承載力和樁身摩擦力之結果，公式 (1) 所示如下：

$$Q_u = q_b A_b + \sum f_s A_s \dots\dots\dots \text{式 (1)}$$

其中：

- $Q_u$ ：基樁之總承載力
- $q_b$ ：樁尖之應力
- $A_b$ ：樁尖斷面積
- $f_s$ ：樁身與土壤之間之摩擦力
- $A_s$ ：樁身側面之面積

圖十一所示為公式 (1) 之原理示意圖。



圖十一 公式 (1) 之原理示意圖： $Q_u = q_b A_b + \sum f_s A_s$



## 《封面故事》

此外，樁的總承載力也可以用公式 ( 2 ) 計算如下：

$$Q_s = (N_s / 3) * 2 \pi * A_s \quad \dots\dots\dots \text{式 (2)}$$

其中：

$N_s$ ：從標準貫入測試 (SPT) 所獲得之土壤 N 值

$A_s$ ：樁身側面之面積

試驗樁和錨樁的總承載力取較高之  $Q_u$  和  $Q_s$  值進行試驗，為了驗證基樁之荷重能量是否滿足設計要求，施工團隊建立了詳細的測試流程[21]。表三所列為基樁之基本參數[11]。

表三 試驗樁基本參數 [11,19]

項目	單位	設計值
樁長	Meter(M)	35.0
樁徑	Centimeter (CM)	200
空打段	Meter (M)	12.5
總樁長(含空打段)	Meter (M)	35.0+12.5 = 47.5
設計載重(平日)	Ton	974
設計載重(地震時)	Ton	2,287
空打段摩擦力	Ton	593.96
最大載重	Ton	2,881
反力方式		由錨樁提供
反力樁		共 4 支錨樁， 樁徑= 2.0 m， 樁長= 47.2 m
反力樁連接鋼筋		SD420W#11-24×2 = 48 支
反力樁連接鋼筋焊道		填角焊焊道長=16 cm

依據表三之參數，最大設計載重可由公式 ( 3 ) 計算如下：

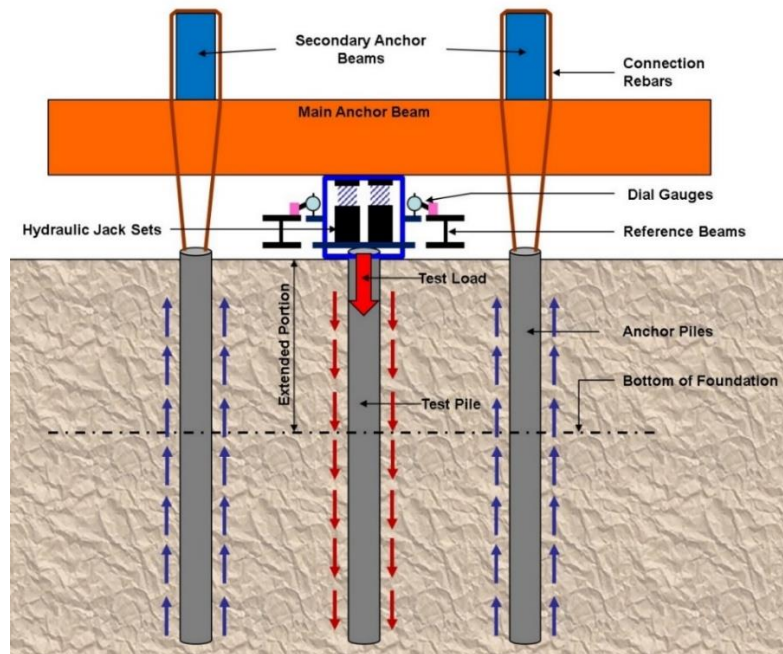
$$\text{Max}\{ (2 * \text{平日設計載重}), \text{地震時設計載重}\} + \text{空打段摩擦力} \quad \dots\dots\dots \text{式 (3)}$$

根據公式 ( 3 )，最大試驗載荷計算如下：

$$\text{最大設計載重} = (2,287 + 593.96) \text{ t} = 2,880.96\text{t} = \underline{\underline{2,881\text{t}}}$$

## 《封面故事》

施加測試載重有兩種方式進行：(1) 混凝土塊或型鋼自重加載、(2) 油壓千斤頂加載，本工程施工團隊採用油壓千斤頂加載方式進行，如圖十二所示。



圖十二 基樁載重試驗油壓千斤頂加載系統

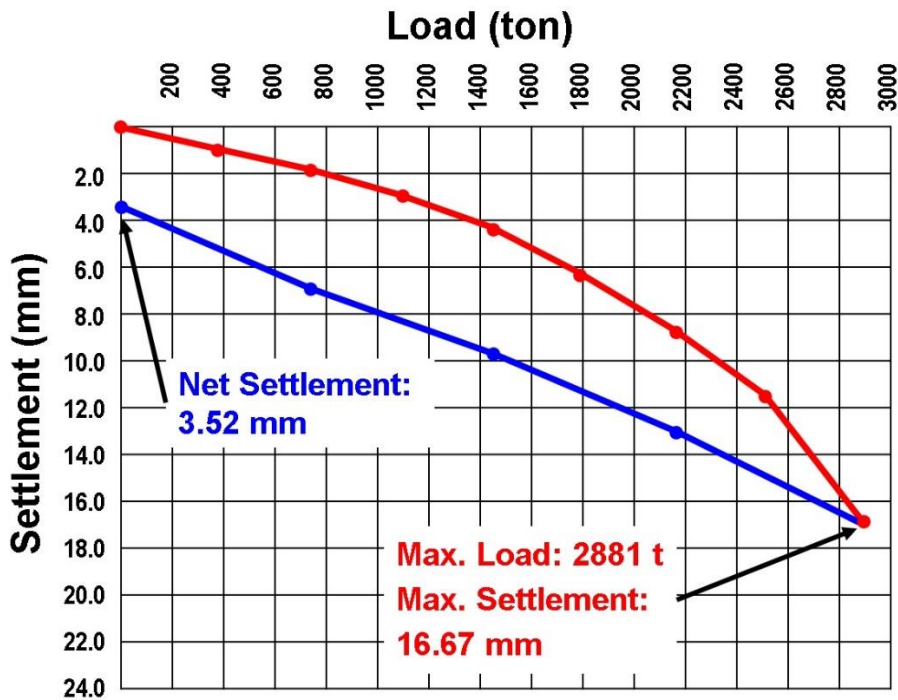
整個試樁設備包括油壓千斤頂 8 只、主副反力梁、參考梁、測微器及監控儀器，如圖十二所示。圖十三為試樁設備的現場主樁照片。



圖十三 試樁設備：(a)現場組裝情況，(b)組裝情況查驗。

## 《封面故事》

依據基樁載重試驗計畫書[21]之試驗流程，如圖十四所示，油壓千斤頂逐漸施加各階段之荷重，最終達到 2,881t 的載重，測得樁頭最大沉陷量為 16.67 mm。在保持 2,881 噸的最大負載 12 小時後，負載逐階段減少，樁頂沉陷量逐漸恢復，最終荷重完全解除後，測得最終淨沉陷量為 3.52 mm。



圖十四 基樁載重試驗荷重—沉陷圖[11]

## 風力：風洞試驗

巨大風力可能會對橋梁結構造成相當程度之破壞，就安坑輕軌安心橋而言，在設計階段即考慮了風力的影響。由風力所引起的外力，例如颱風引起的水平橫切力，有可能會嚴重損壞鋼桁橋之結構。於是施工團隊規劃進行了風洞測試[22]，並測得由這種水平力引起的最大水平位移，其最大風力採用公式 (4) 計算。

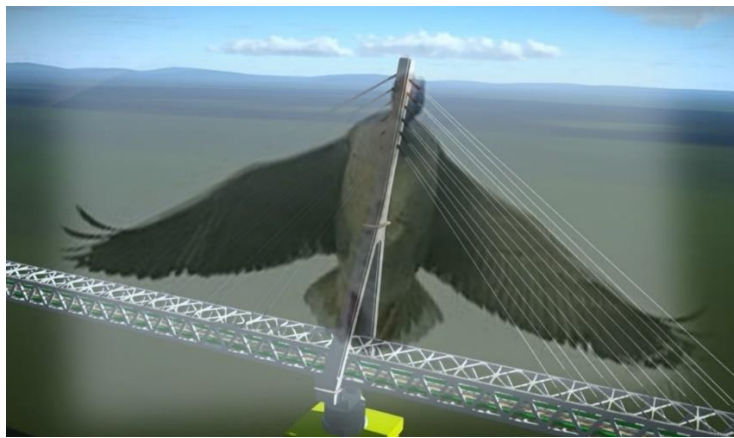
$$P = 0.124 * V^2 \dots\dots\dots \text{式 (4)}$$

## 《封面故事》

在風洞試驗中，對鋼桁橋不同方向進行了風力試驗，包括 30°、45°、60°、90°、120°、135°和 150°。經採用有限元分析 ( FEA ) 計算所得結果，在最臨界條件下，以 74 m/s 的風速進行測試，最大水平位移量為 830 mm，經分析能符合結構安全要求。

## 景觀與創意

依據聯合國在 2015 年宣布的 17 個永續發展目標 ( SDG )，對於新的基礎設施專案而言，景觀議題越來越受到關注和討論。在安坑輕軌捷運系統中，安心橋主橋塔和鋼桁架橋間，搭配 12 對斜張鋼纜，其形狀就像一隻展翅高飛的大鵬鳥。此一壯麗之景觀設計呈現設計團隊優越的想像力。圖十五即展示了此一景觀設計之模擬圖。



圖十五 景觀設計模擬圖

此外，BIM 建築資訊模型[24]技術之運用，協助施工團隊進行施工管理，並提供 3D 模擬圖供設計及施工團隊了解結構外觀及各個不同構件間之衝突情況，並可規劃具有可追溯性的構件 ID 編號，就不同構件之形狀、尺寸、安裝位置等，協助施工團隊做最有效率的施展和現場管理；同時，BIM 技術亦能夠協助施工團隊事先了解不同構件之間的潛在衝突，這些衝突均可以在安裝之前先予解決[11]。如圖十六所示為經 BIM 生成之安心橋鋼桁架橋內視及外觀模擬圖。



## 《封面故事》



圖十六 BIM 生成之安心橋鋼桁架橋內視及外觀模擬圖

## 安全、永續、創意之施工設計 提供實務參考

在本論文中，作者們提供了安心橋施工中不對稱斜張鋼桁架橋 (ACSTF) 成功之設計，並完成以下各種永續發展之目標：

1. 新設計的不對稱斜張鋼桁架橋使橋梁的最大跨度達 225m，為目前國內鐵路運輸系統中最長的跨度。
2. 基樁載重試驗之最大荷重達 2,881t，最大沉限量為 16.67mm，解壓後之最終淨沉陷量為 3.52mm，此一結果比原始設計標準優越，並確實保證了安心橋在生命週期內的安全性。
3. 經風洞試驗結果顯示，在不同風向對鋼桁架橋試驗中，最大風力荷重高達 74 m/s 的情況下，最大水平位移為 830 mm，此一結果亦確保了安心橋之安全性。
4. 運用鋼桁架吊裝系統 (TFES)，由具備 48t 吊升能力的前端起重機搭配運輸台車及吊料起重機，以及巨型塔式吊車，以 3330 m-t 之吊升能量，成功地完成了所有鋼構件之吊裝作業，且對新店溪流水及生態沒有產生任何有害之影響。

《封面故事》

5. 大量鋼構件管理系統和 BIM 技術的應用，使 3 萬多個鋼構件提供了高效率管理及可追溯性，協助施工團隊於設計及施工階段，確實完成生產及吊裝作業。
6. 安心橋之景觀設計與橋塔、鋼桁架橋及斜張鋼纜系統相結合，就像一隻展翅高飛的大鵬鳥，充份反映工程團隊之創意。

本論文期盼無論在設計、施工和運營各階段，在永續議題上所採取之實務工法，可為今後其他類似橋梁工程提供有實用價值的參考。



安心橋在設計、施工過程兼顧環境保護與安全性、耐久性考量。

## 參考文獻

1. World Bank. World development rep. 1994: *Infrastructure for development*, Oxford University Press, Oxford, UK, 1–12. (1994).
2. World Bank. “Infrastructure at the crossroads: Lessons from 20 years of World Bank experience.” Washington, DC, 1–9, 65–80. (2006).

3. Liu, T.Y.(2020) “ Establishment of Sustainability Key Indicators for Civil Engineering and Their Applications in Green Infrastructure Projects.” *Department of Civil Engineering, College of Engineering, National Taiwan University*, Doctoral Dissertation, DOI: 10.6342-NTU202000235
4. T.Y. Liu, P.H. Chen, Nelson N.S. Chou “ Comparison of Assessment Systems for Green Building and Green Civil Infrastructure.” *Sustainability* 2019, 11, 2117. (2019), doi:10.3390/su11072117
5. T.Y. Liu , G.T. Liu, P.H. Chen, Nelson N. S. Chou, and S.P. Ho (2021) “ Establishment of a Sustainability Assessment System for Bridges.” *Sustainability* 2021, 13, 4795, (2021), <https://doi.org/10.3390/su13094795>
6. Shen, Liyin, M.ASCE, Wu, Yuzhe, and Zhang, Xiaoling, (2011). “ Key Assessment Indicators for the Sustainability of Infrastructure Projects. ” *J. Constr. Eng. Manage.*, ASCE 137(6), pp. 441-451.
7. D. Bourn and N. Sharma, (2008). “ Global and sustainability issues for engineering graduates.” *Municipal Engineer*, 161(3), September 2008, pp. 199-206, <https://doi.org/10.1680/muen.2008.161.3.199>
8. M. A. Malik and K.Fan,(2006). “ Managing sustainability within construction projects.” *Journal of Environmental Assessment Policy and Management.*, 8(1), pp. 41-60, <https://doi.org/10.1142/S1464333206002359>
9. K. W. Chau, (2007). “ Incorporation of Sustainability Concepts into a Civil Engineering Curriculum.” *Journal of Professional Issues in Engineering Education and Practice.*, July 2007, [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)1052-3928\(2007\)133:3\(188\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)1052-3928(2007)133:3(188))

10. P. W. Jowitt,(2004). “Sustainability and the formation of the civil engineer.” *Engineering Sustainability*, 157(2), June 2004, pp. 79-88, <https://doi.org/10.1680/ensu.2004.157.2.79>
11. Liu, T.Y., Chen, P.H., Chou, N.S., Chou, M.Y., Lin, R. J.C., Luo, Han-Ding(2019). “ Environmental Sustainability Approaches Adopted for Construction of Anhsin Bridge of Ankeng MRT System in New Taipei City.” *E3S Web of Conferences 117*, 00013(2019)(EI Conference proceedings).
12. Shau, H.J., Liu, T.Y., Chen, P.H., and Chou, N.N.S.(2019). “ Sustainability Practices for the Suhua Highway Improvement Project in Taiwan. ” *International Journal of Civil Engineering*, 17(10), 1631-1641.
13. Yates, J.K.(2014).“ Design and Construction for Sustainable Industrial Construction. ” *Journal of Construction Engineering and Management*, ASCE, 140(4): B4014005.
14. Chisholm, D., Reddy, K., Beiler, M.R.O. (2017). “ Sustainable Project Rating Systems, Including Envision.” *Engineering for Sustainable Communities: Principles and Practices*, Chapter 20, ASCE, 2017.
15. Chou, N.N.S. (2019). “ The Achievements of Mechanically Stabilized Earth(MSE)Walls on Green/Sustainable Features and Benefits – Safety, Economy, Ecology, and Carbon Emission Reduction.” *Journal of Professional Engineers*, Vol. 86, 20-26. (in Chinese)
16. Chou, N.N.S., Liu, T.Y., Chen, Y.S., and Cheng, H.C.(2018). “ Comparison of Various Types of MSE Wall Facings.” *Proceedings of the 11<sup>th</sup> International Geosynthetics Conference*, Seoul, Korea.
17. New Asia Construction and Development Corp., “ Ecology research annual report for the Ankeng Light Rail MRT System construction project.”, Taiwan,R.O.C.,(2016-2019, in Chinese, unpublished article)



《封面故事》

18. New Asia Construction and Development Corp., “Equipment management plan for the Ankeng Light Rail MRT System construction project.”, Taiwan, R.O.C., (2016, in Chinese, unpublished article)
19. New Asia Construction and Development Corp., “ Pile working plan for the Ankeng Light Rail MRT System construction project.”, Taiwan, R.O.C., (2017, in Chinese, unpublished article)
20. New Asia Construction and Development Corp., “ Pile and pile-cap inspection procedure for the Ankeng Light Rail MRT System construction project.”, Taiwan, R.O.C., (2017, in Chinese, unpublished article)
21. New Asia Construction and Development Corp., “ Piles static loading test for the Ankeng Light Rail MRT System construction project.”, Taiwan, R.O.C., (2017, in Chinese, unpublished article)
22. New Asia Construction and Development Corp., “ Wind tunnel test plan for the Ankeng Light Rail MRT System construction project.”, Taiwan, R.O.C., (2017, in Chinese, unpublished article)
23. New Asia Construction and Development Corp., “The material management system for the Ankeng Light Rail MRT System construction project. ”, Taiwan, R.O.C.,(2017, in Chinese, unpublished article)
24. New Asia Construction and Development Corp., “ Establishment of BIM model for the Ankeng Light Rail MRT System construction project.”, Taiwan, R.O.C., (2016, in Chinese, unpublished article)