

金門大橋工程橋梁現地載重試驗

一、緣由

金門大橋為台灣首座大跨徑(主跨徑 200 公尺)之跨海橋梁，跨越金烈海域銜接大、小金門島的唯一橋梁，此以百年大橋年限設計，完工後成為國內最大跨徑之連續 6 跨脊背橋。然台灣橋梁面臨著地震、颱風、洪水、山崩、土石流及腐蝕劣化等諸多災害風險，為了讓金門大橋防災暨維護管理更臻完善，基於耐久性、結構特性、維護管理暨延長與確保服務年限及使用功能，並考量中央主橋結構型式為脊背橋，主橋之整體結構反應較為複雜，為確切取得此一複雜結構在建造完工階段之各項反應初始值，規劃實施靜態及動態載重試驗，蒐集足量數據，記錄橋體應變狀態、模態振型、自然頻率與影響線，以充份瞭解全橋之動、靜態特性。同時在已知載重作用下，量測點位之結構反應，用以進行結構數值模型之調校，藉此使得結構數值模型具有較高之擬真性與可信度。

由此建立金門大橋的基本健康履歷資料，可作為未來橋梁管理單位長期觀測比對之基準，結構診斷、橋梁分析模式回饋與管理決策之重要參考。橋梁營運及維護管理期間，搭配日後監測所得之數值，俾有效執行橋梁健康程度之判定與追蹤。

二、載重試驗目的與方法

為瞭解金門大橋主橋段 S44~S49 等 6 跨預力混凝土箱型梁脊背橋實際之結構行為，載重試驗是最直接的方法，包括靜態載重試驗及動態載重試驗兩種。

靜態載重試驗係將已知重量的靜載重作用置放在預先規劃之橋梁結構位置，透過事先裝設的感測儀器及水準高程測量，可實際瞭解橋梁結構的受力與變形行為，建立完工階段橋梁承載能力與結構特性，並進行數值模型調教，供後續進一步情境模擬或破壞分析，亦可將所得之相關結果提供於日後類似橋梁結構之設計與施工中參考。

動態載重試驗則藉由橋梁施加移動載重，使橋梁處於振動狀態，利用各種測振儀器測定橋梁結構的動力特性，例如橋梁結構之自然振動頻率、振態或阻尼特性等，此外也可針對載重車輛通行時，對橋梁的動態衝擊效應進行瞭解。同時期望透過車輛通過橋梁時之外力干擾，探討本橋之動態放大效應，並透過已知荷載測得之動態應變建構橋梁起始狀態之撓曲剛度，未來可透過相同荷載通行，評估橋梁有無預力損失或其他劣化造成撓曲剛度下降之趨勢。

本工程使用砂石車輛加載，具有便於調整載重、加卸載迅速之優點，加載時應顧及均衡性，試驗過程中應蒐集各項紀錄，包括觀測數據、文字記載、圖片、照片等，以作為分析撓度及應力之用。

(一) 試驗目的：

1. 分析橋梁之靜力與動力特性。
2. 建立各構件較詳細之初始值。
3. 校核監測系統之工作性。

(二) 試驗量測項目：

1. 主梁之變位及振動頻率。
2. 輪重於箱型梁頂板之橫向分佈情況。
3. 主梁各構件之應變。

三、靜態載重試驗流程

(一) 靜態載重試驗規劃

試驗時間為每日晚間 22 時至隔日 6 時，每日執行 2 跨，6 跨需時約 3 日。

案例	載重車加載位置	載重車數量(輛)	水準測量量測橋跨	電阻式應變計量測斷面
1	每日試驗前空橋	0	S44~S49，各 11 個測點	當日量測橋跨
2	S44 橋跨跨中處	三階段加載 10, 6, 2	S44 橋跨，各 11 個測點/ 階段	S44 跨 2 個斷面
3	S45 橋跨跨中處	三階段加載 10, 6, 2	S45 橋跨，各 11 個測點/ 階段	S45 跨 2 個斷面
4	S46 橋跨跨中處	三階段加載 10, 6, 2	S46 橋跨，各 11 個測點/ 階段	S46 跨 2 個斷面
5	S47 橋跨跨中處	三階段加載 10, 6, 2	S47 橋跨，各 11 個測點/ 階段	S47 跨 2 個斷面
6	S48 橋跨跨中處	三階段加載 10, 6, 2	S48 橋跨，各 11 個測點/ 階段	S48 跨 2 個斷面
7	S49 橋跨跨中處	三階段加載 10, 6, 2	S49 橋跨，各 11 個測點/ 階段	S49 跨 2 個斷面

(二) 靜態載重試驗數值模擬

配合靜態載重試驗規劃，預先採用金門大橋主橋段之結構分析模型，進行試驗成果預模擬，以評估加載案例造成之應力與垂直向撓度是否小於規範容許應力之限制，避免造成橋梁損傷。

(三) 現地試驗前置作業

包括高精度水準高程量測點標示、載重車加載位置標示、量測設備(電阻式應變計及動態資料擷取器)於箱梁內整備佈線、空橋高精度水準高程量測橋體撓度。靜態載重試驗期間，至少須管制主橋段與邊橋段主車道，主橋段除了載重車外，其餘車輛不得進入。遇大霧或大雨，須暫緩試驗。

(四) 現地試驗

依據靜態載重試驗規劃案例 2~案例 7 所示，載重車加載順序則由 S44 往 S49 方向逐跨加載，每個案例加載原則為單跨、3 階段(分別為 10 輛載重車、6 輛載重車、2 輛載重車)、於跨中處、雙向車道對稱加載；階段 1 為加載 10 輛載重車，待橋體穩定後(約 3~5 分鐘)，進行橋面水準高程測量與斷面應變量測，階段 2 為加載 6 輛載重車，待橋體穩定後(約 3~5 分鐘)，再次進行橋面水準測量與斷面應變量測，階段 3 為加載 2 輛載重車，待橋體穩定後(約 3~5 分鐘)，再次進行橋面水準測量與進行斷面應變量測。

四、動態載重試驗流程

(一) 動態載重試驗規劃

試驗時間為每日晚間 22 時至隔日 6 時，每日執行 2 跨，6 跨

需時約 3 日。

案例	載重車加載方式	載重車 重量/輛	電阻式應變計 量測斷面
1	車速 60km/hr 由 P43 往 P49 再由 P49 往 P43	19 噸/1 輛	S44 跨 2 個斷面
2		25 噸/1 輛	S44 跨 2 個斷面
3		35 噸/1 輛	S44 跨 2 個斷面
4		19 噸/1 輛	S45 跨 2 個斷面
5		25 噸/1 輛	S45 跨 2 個斷面
6		35 噸/1 輛	S45 跨 2 個斷面
7		19 噸/1 輛	S46 跨 2 個斷面
8		25 噸/1 輛	S46 跨 2 個斷面
9		35 噸/1 輛	S46 跨 2 個斷面
10		19 噸/1 輛	S47 跨 2 個斷面
11		25 噸/1 輛	S47 跨 2 個斷面
12		35 噸/1 輛	S47 跨 2 個斷面
13		19 噸/1 輛	S48 跨 2 個斷面
14		25 噸/1 輛	S48 跨 2 個斷面
15		35 噸/1 輛	S48 跨 2 個斷面
16		19 噸/1 輛	S49 跨 2 個斷面
17		25 噸/1 輛	S49 跨 2 個斷面
18		35 噸/1 輛	S49 跨 2 個斷面

(二) 現地試驗前置作業

量測設備(電阻式應變計及動態資料擷取器)須於箱梁內完成整備佈線，動態載重試驗期間，須管制全橋主車道(包含主橋段、邊橋段、引橋段等)，除了載重車外，其餘車輛不得進入。遇大霧或大雨，須暫緩試驗。

(三) 現地試驗

依據動態載重試驗規劃案例 1~案例 3 所示，分別由一輛 19 噸 (case 1)、25 噸(case 2)、35 噸(case 3)之砂石車，輪流以時速 60km/hr 由 P43 往 P49 通過，再由 P49 往 P43 通過。此三輛砂石車於動態行駛期間，均進行 S44 跨橋梁斷面應變量測；案例 4~案例 6 此三輛砂石車於動態行駛期間，則進行 S45 跨橋梁斷面應變量測，以此類推執行其他主橋橋跨之動態載重試驗。



砂石車加載照片



空橋水準測量照片



箱內斷面應變資料擷取