

## 車橋系統之 2D 風場 CFD 模擬

賴冠廷<sup>1</sup> 張正興<sup>2</sup> 姚宗達<sup>3\*</sup>

<sup>1</sup>淡江大學風工程研究中心 研究助理

<sup>2</sup>淡江大學土木工程學系 教授

<sup>3</sup>淡江大學建築學系 教授

### 摘要

就構造物受風作用之周圍風場特性描述，以計算流體力學（computational fluid dynamics, CFD）來進行可視化模擬，顯較風洞試驗在製作試體花費與人力動員要來得經濟。就車橋系統而言，不只可模擬車橋系統周圍流場的壓力、速度的分佈訊息，並可獲得橋斷面在不同風攻角下之風力係數，以為未來橋梁受風力作用的風力動態分析之用。本文將以 ANSYS 之 FLUENT 軟體作為 CFD 計算風場網格的可视化模擬基礎，針對車輛在橋面不同側（無車、迎風面、背風面、雙向）及不同風攻角下之風場特性進行模擬。

**關鍵字:** CFD、風工程、風力係數、計算流體力學、車橋、可視化

### 一、前言

現階段風工程研究數據仰賴實場量測與風洞試驗的實驗模擬，實場量測受到較多因素限制，如時間、地點、氣候及測量儀器等影響，故此方法的數據較難取得，加上在設計階段，構造物尚未完成，更是一大要事；取而代之的是風洞試驗模擬，其準確性佳，受到外在條件影響也較小。近年來隨著電腦處理能力的進步，數值模擬軟體分析結果之精準度提升，計算流體力學在風工程上的應用也變的普遍，與風洞試驗相比，以計算流體力學方式模擬橋梁斷面之風場特性更顯經濟，且將風場特性可視化（Visualization），這也是計算流體力學軟體的最大優點，可明顯看出橋梁斷面周遭的變化。本研究以風洞試驗的實驗數據為基礎，以計算流體力學套裝軟體 FLUENT 來進行橋梁斷面模擬風力係數比較，並以此模擬參數進一步討論車-橋耦合下之風力係數模擬與周圍風場可視化。

### 二、問題描述

以風洞實驗來得到試體的風力資料，其主要優勢就是直接提供接近真實風流場且的可靠數據，惟操作建造價昂、設備維護成本高。相對地，以 CFD 方式來模擬試體周圍之風場特性更顯其經濟。這之中不只可模擬試體周圍流場的壓力、速度的分佈訊息，並

可獲得橋斷面在不同風攻角下之風力係數，以為未來橋梁受風力作用的風力動態分析之用。本研究將以 ANSYS 之 FLUENT 軟體作為 CFD 計算風場網格的模擬基礎，針對台灣南二高路段的高屏溪橋，進行二唯車一橋系統之風場可視化模擬，以說明本文採用之計算風場網格的可行性。

利用 Gambit2.3.16 進行 2D 計算域的繪製，為與實驗數據比較，計算域大小參照淡江大學橋梁風洞之試驗段比例，為一 cm 的矩型計算域，模擬之橋梁斷面，寬 35cm，高 3.2cm，寬深比 (B/D) 為 10.9375。橋梁模型斷面尺寸及計算域如圖 1 所示：

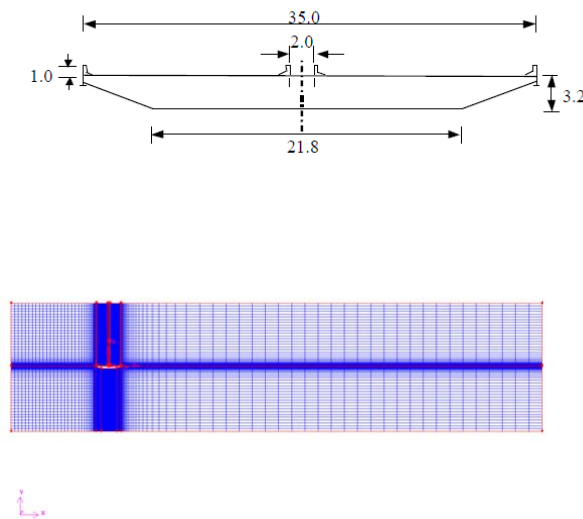


圖 1 高屏溪橋梁斷面尺寸圖及區域劃分與網格繪製

本章根據二維高屏溪橋之模擬為基礎，討論橋體與行駛車輛耦合斷面之風場行為，但車輛長度與橋體主跨長相差甚遠，若以二維數值模型模擬耦合斷面無法得到不同車輛分佈下之風力係數，故在此針對車-橋耦合斷面進行參數分析，並以橋中央分隔島為界，左側為行駛於迎風面、右側為行駛於背風面以及雙向皆有車輛(如圖 2)進行說明。

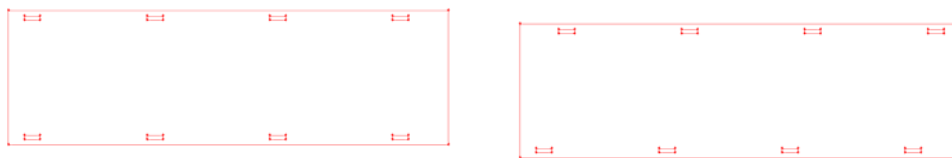


圖 2 雙向車道皆有車輛行駛之斷面示意圖

### 3. 二維車一橋系統之風場可視化模擬

高屏溪橋主跨長 330 公尺，在此假設行駛車輛為一長 12 公尺、寬 3 公尺、高 3 公尺之大卡車。高屏溪橋主跨長 330 公尺，在此假設行駛車輛為一長 12 公尺、寬 3 公尺、高 3 公尺之大卡車，實際行駛之示意圖如圖 5-1：高屏溪橋屬於國道三號福爾摩沙高速公路南二高路段，大卡車速限為 60~100 km/hr，根據安全車距計算，大型車安全車距為行車時速減 20 公尺，故大卡車安全車距最高速限下為 80 公尺、最低速限下為 40 公尺，依安全車距在最高速限下行駛於高屏溪橋主跨最多容納四台大卡車，最低速限則能容納七台大卡車。針對雙向車道皆有車輛行駛時對橋體風場行為之影響做分析，雙向皆有車輛行駛之示意圖，如圖 2 所示。

在使用二維數值模型模擬雙向車道皆有車輛行駛會有部分情形無法完全模擬，在此將其分為 Type1 與 Type2 兩種分佈情形。Type1 為相同速限下雙向車輛正好處於平行之狀態，如圖 3 (a)，Type2 為相同速限下雙向車輛錯開之狀態，如圖 3 (b)，依此兩種分佈情形來模擬雙向車道之車輛行駛情形。



(a) 雙向車輛平行 (Type1)      (b) 雙向車輛錯開 (Type2)

圖 3 雙向皆有車輛行駛之分佈示意圖

如圖 4 所示，行駛於背風面之車輛對整體風壓變化影響較小，主要由行駛於迎風面之車輛改變風壓分佈以及雙向車輛對橋體之反作用力導致拖曳向風力係數大幅度下降。而雙向車輛所提供的扭轉力也使得橋體扭轉向風力係數下降，隨著正角度越大其車輛受力不均為其扭轉向風力係數變化之主因。

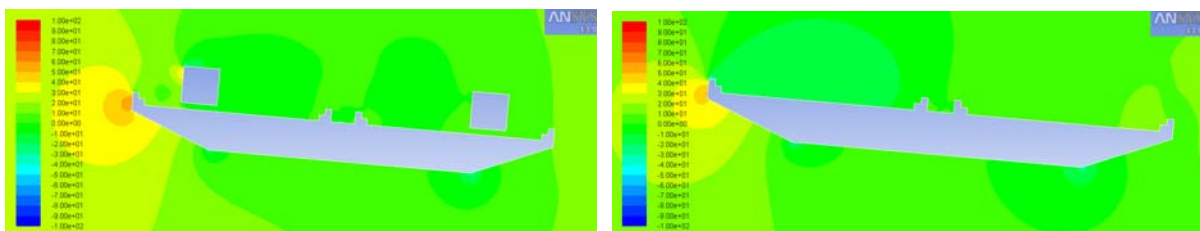


圖 4 車-橋耦合及橋斷面之風壓比較圖

由圖 5 所示，雖然車輛與中央護欄之間風速較慢，但其流場相當混亂，含有許多漩渦在車輛周圍。在不同角度下，行駛於迎風向之車輛阻擋大部份的風，行駛於背風面的車輛周圍主要為低風速的漩渦。由二維數值模型模擬雙向車道情形較難表示車輛間的風場互致變化，若要進一步模擬更符合現況之流場分佈則需使用三維數值模型來進行模擬。

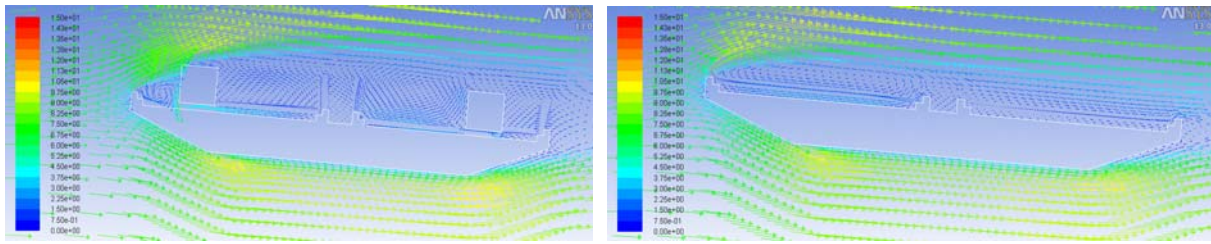


圖 5 車-橋耦合及橋斷面之流場比較圖

#### 4. 二維車-橋系統之風場可視化模擬

從本研究結果顯示，在不同角度下，行駛於迎風向之車輛阻擋大部份的風，行駛於背風面的車輛周圍主要為低風速的漩渦。由二維數值模型模擬雙向車道情形較難表示車輛間的風場互致變化，由於橋體跨度與車輛總長間長度比相差甚大，若要模擬橋面上的物體與橋體間的互制關係，使用二維數值模型無法進行細部模擬，若要進一步模擬更符合現況之流場分佈則需使用三維數值模型來進行模擬，及參考許多參數分析使其更接近實際情形。

#### 參考文獻

- [1] FLUENT6.3 Documentation , <http://www.fluent.com/>(2004)
- [2] GAMBIT2.3 Documentation , <http://www.fluent.com/>(2004)
- [3] 國道新建工程局 “第二高速公路後續計劃燕巢九如段：高屏溪橋(主橋)風洞試驗報告(1994)
- [4] 賴冠廷(2013)，車-橋斷面耦合之 CFD 風力係數模擬，淡江大學土木工程學系碩士論文，民國 102。