

出國報告

出國類別：會議

參加「2012年國際橋梁會議及第八屆 台美公路與橋梁工程研討會」

服務機關：交通部台灣區國道新建工程局

姓名職稱：總工程司呂介斌、

一區處五股工務所副主任劉志學

派赴國家：美國

出國期間：101年6月8日至6月18日

摘要

本次赴美參加世界橋梁會議及台美第 8 屆橋梁工程研討會，深覺此行意義匪淺。從美方極具誠意的接待，可看出類似這種由學術單位結合監造顧問與業主成立官方正式的外交活動，應是讓台灣站上國際舞台極好的方法。藉由學術交流，可顯示台灣的科技水準已不在外國之下，尤其這回提出的橋梁天然災害預警防災系統更令全場讚賞，足見我們的努力已受國際矚目；而美方對橋梁的長期維護與檢測計畫，對通車已歷 30 餘年的高速公路橋梁甚至更老舊的其他公路橋梁，應是我國將來橋梁維護的重點與後續重要的課題。

參加「2012 年國際橋梁會議及第八屆台美公路與橋梁工程研討會」

出國報告

一、目的：

參加國際性大會，藉以了解世界各國橋梁工程技術領域發展及建設狀況。另參與交通部與美國麻州政府正式官方拜會活動，藉由彼此拜會與學術交流，除知識、經驗傳承外，也作為一次成功的國民外交活動。

二、過程：

本次研討會與拜會活動含飛行時間自 101 年 6 月 8 日起至 6 月 18 日止，行程極為緊湊。到美國後，第一天先參觀新英格蘭生態公路，緊接著拜訪麻州交通廳，並參訪波士頓的交通建設及該市的交通樞紐(Big Dig Project)交控中心。接著是驅車前往匹茲堡參加 2012 年國際橋梁會議及第八屆台美公路與橋梁工程研討會，之後由美方安排拜訪 Rutgers 大學，行程豐富且充實。

三、心得與建議：

這回拜會活動以官方參訪為主，拜會麻州交通廳時，美國政府極有誠意的派出高速公路局第 6 處處長(The District 6 Highway,

Director) Mr. Walter Heller 接待並做簡報，詳細介紹波士頓地區最複雜的高速公路建設--The Central Artery / Tunnel Project (The Big Dig)，包括跨海大橋及過海隧道工程，並帶我們實地參訪。

參訪重點之一為橫跨查理士河的 Zakim Bridge，是一座主跨距 745 英尺(約 227 公尺)的雙塔鋼纜橋，橋面平均寬 124 英尺 6 英吋(約 38 公尺)，梁深 10 英尺(約 3 公尺)，全長 1407 英尺(約 429 公尺)。美方極有誠意地為我們封閉一車道讓我們進入鋼箱梁參觀(圖 1)，並派一位中國女性橋梁工程師為我們用中文講解，足見美方誠意。當然，在國工局實地做過南二高高屏大橋、國六埔里愛蘭雙塔脊背橋、現在又在興建五楊高架單跨 216 公尺長跨距鋼橋及 C903 標雙層共構橋的我們，看這些建設並沒有特別驚艷，其實我國的橋梁建設已不亞於美國，但看到美方的誠意，又封車道，又請中國工程師來講解，仍感覺到他們的重視與誠懇。之後，美方特別安排去參訪他們 Big - Dig 交控中心(圖 2)。其實跟我們的交控中心差不多，我們交控中心的人員還忙碌的接聽用路人不不停的陳情電話，相對美方幾個人在那裏看螢幕，也沒人接電話，深感我們政府對老百姓的服務水準實在高出他們甚多。

之後，美方再帶我們參觀他們的過港隧道機房，這個深入地底下三層樓的機房相較雪山隧道的通風機房當然不足比擬，倒是有一個

地方吸引我們，就是一面牆，應該是連續壁，牆面竟然保留混凝土面貌，上面還有許多灌漿補漿的痕跡，全無修飾(圖 3、4)，真令我們驚訝，如果在台灣，表面這個樣子，怎可能驗收通過，但隨後想一想，也許這就是美國人的精神，講求實用，並不特別重視表面功夫，也許這是我們可以學習的地方。

從美方誠懇的接待看出，中美雙方經由學術研討的官方接觸實在值得政府大力推動，只要我們有實力也展現誠意，像美國這樣的強權國家仍然願意與我們交流的。因為這回接待我們的美方代表大部分去年(民國 100 年)也曾來台灣參加第 7 屆台美橋梁研討會，會後參訪五楊拓寬計畫第 C901 標的長跨距鋼橋及 C903 標的雙層共構橋時，正是由國工局負責工地接待、簡報及現場說明，因此大家見面倍感親切。希望這種中、美雙方的工程研討會能就像一座橋梁一樣，搭起雙方技術交流的管道。

下一站我們前往匹茲堡參加 2012 年國際橋梁會議。當我們到達時已是會議最後一天，但仍然精彩。會場布滿許多攤位，有私人企業推銷新產品，也有給官方的攤位，主要是推銷各州的交通建設成果。有一個匝道的設計吸引了我們(圖 5)，這匝道用很簡單的分歧式鑽石線型(Diverging Diamond Interchangers)並特別的巧思，讓左轉車流行經專用車道，減少車輛左轉停等時間，並讓上下匝道的車流不會彼此

交織，巧妙的解決高速公路車流常因出、入匝道的停等車流影響主線順暢的難題，對於台灣用地徵收困難，寸土寸金的都會區高、快速道路出入匝道的規劃設計不失為一極佳的參考案例。當天並參觀匹茲堡城市，這曾為美國第一大鋼鐵城，已繁華退盡，走在諸多橫跨 Ohio River 的大鋼橋上，不禁讓人追憶當年的繁華榮景(圖 6)。鋼橋建造時間約在 1920 至 1930 年間，當時正是全世界其他國家打戰打得正激烈的時候，屍橫遍野、牆垣傾倒，而美國這得天獨厚的國家，反而在這時因國內沒有戰場，並因著時機快速壯大，這是上帝的恩典。但創業惟艱，守成不易，恩典如果不知珍惜，當別人更努力時，這些勢將逐漸衰沒。果不其然，在中國鋼鐵業蒸蒸日上，人民勤勉努力，用心研發，人力、成本又遠低於美國時，這座城市已難逃衰敗的命運。這裡經營餐廳的老闆告訴我們，白天還有些人，但晚上宛如死城，也不再
有活潑生氣。

本次第 8 屆台美橋梁工程研討會開幕我方由中華顧問工程司董事長廖慶隆博士代表(原官方代表，公路總局吳盟分局長因台灣 6 月 12 日持續大雨，已先趕回台灣處理緊急防、救災工作)。美方官方代表由 Thomas G. Leech(Vice President, National Bridge Practice Manager)擔任，雙方正式遞交官方協議合作文件(圖 7)，場面隆重感人。台灣的外交困境，在產、官、學不斷努力下，能有今天的突破，實屬不易，

這正式的官方合作計畫，希能長久持續。

這第 8 屆台美橋梁工程研討會是此行主要目的，論文相當多，這回比較吸引人的是橋梁防災預警系統建立。真想不到我們公路局同仁竟然建已建構成這麼完善的道路災難預警系統，可說是本次研討會的精華。

這個防災預警系統是結合氣象局的各種觀測資料，包括颱風預警、雨量觀測、大雨特報等等，成功的在大雨成災之前，發出警訊，警告用路人，甚至管制或封閉橋梁，避免用路人因未知危險而進入危險的地區；這套系統從警告(warning)到行動(action)都需要現場人員及當地用路人一起合作，也就是民眾跟政府必須站在一起。系統首先針對不同流域內各跨越橋建立管理與預警的基本資料，對颱風路徑的預測，及不同路徑可能造成的不同的降雨以風險管理方式來做預警的動作，以減輕大自然災害造成的人員民眾損害。第二步是在流域河道的中、下游安置遠方遙控監測系統，並在上游監控河流水位的變化。再結合歷年來降雨型態、大小及引發的各種不同的山崩、土石流災害來分析各種型態的降雨可能引起的災害模式，設定不同區域可能引發災害的門檻值，當達到門檻值時即對那一區域提出警戒，並作風險管理。

當預估洪峰到達警戒值時，當地的用路人或在某特定範圍區域內的用路人手機都可以收到訊息告訴你危險的狀況，並依程度不同而

有黃燈、紅燈等不同的警告。當然整套系統運作只有 30%準確，且經常誤判，但封閉道路，超前佈置，料敵從寬，卻也因這套系統發揮功能，阻止了很多可能的悲劇或災害發生。這套系統真正發揮了人與大自然相容相存的哲理，不再是人定勝天，面對大自然的力量以敬畏恐懼的心去對待它。佛朗西斯-培根(Francis Bacon)說過”要征服自然，先要順從自然”(Nature, to be Commended, must be obeyed);希望這套系統精益求精，讓預測能更精準，更希望這套模式也可以帶到其他國家，譬如菲律賓、或東南亞開發中的國家，也能幫他們建立一套預警系統，讓人民的生命、財產更有保障。

美方研究大部份仍然針對橋梁生命週期及橋梁檢測做敘述。目前美國 600,000 座橋梁平均使用年限為 44 年，大部份橋梁都已達到了他們的使用年限，橋面板惡化已是影響橋梁安全重點。目前在美國 50~85%的橋梁維護支出(保守估計每年約 50 億美元)，用在橋面板的檢修和維護上。因此美國聯邦高速公路局最主要的計畫是橋梁長期功能評估，內容包括橋梁基本資料的蒐集，擬定檢測計畫(包括用那些方法、使用什麼工具)、再針對問題嚴重的橋梁進一步分析並提維護計畫。

檢測方法以非破壞性檢驗為主，包括：目視法、地電阻探測法(Electrical Resistivity)、回音法(Impact Echo)、透地雷達(GPR)、鑽心

取樣(Coring)等(圖 8)，將檢驗結果結合環境、交通狀況、結構物特性等給予評量。而橋面版的老舊狀況，美方將之分成三級：第 1 級、鋼筋鏽蝕(Rebar Corrosion，圖 9)，可用電阻法，透地雷達偵測；第 2 級：因鏽蝕造成橋面板混凝土面平行剝離(Deck Delamination，圖 10、11)，可用回音法、透地雷達偵測；第 3 級：混凝土崩壞(spalling)，目視法已可見。再依不同程度的破壞等級預測橋梁未來的狀況，並評估橋的使用壽命，最重要的是依不同的破壞等級擬定不同的檢測頻率(圖 12)，才能了解橋梁惡化狀況。

本次第 8 屆台美橋梁工程研討會最後美方安排 Rutgers 大學參訪。Rutgers 大學創立於 1766 年由 Rutgers 所建立，1948 成爲公立大學，在紐澤西州是很大的學校，這學校創校的宗旨爲教育(Education)、研究(Research)、傳承(Transfer)，跟中國都有研究合作計畫。這學校相當大，從校門到他們預備的招待中心(國際演講廳)，就需開車十幾分鐘。簡單介紹後，美方展示他們上述橋面板檢測的儀器，譬如地電阻、透地雷達、回音法等檢測儀器，之後再帶我們參觀他們的瀝青鋪面研究部門。光瀝青鋪面的研究就有好幾十間試驗室，各種配比、粘性、強度、粒徑的實驗，真讓人敬佩(圖 13、14)。其實研究要花相當多的經費，又不一定有立刻成效，可是美國甚至後起直追的韓國，所以國勢日強，不就在於他們所花在創新、研究的努力上

嗎？我們引用人家的成果，永遠只能知其然而不知其所以然，永遠只能跟在人家後面走。研究經費與精力的花費，短期好像是把錢丟在水裏，但只有研究才能得到真正的知識，並知道爲什麼要這樣做而不那樣做。

綜合本次赴美參加世界橋梁工程研討會及台美第 8 屆橋梁工程研討會，深覺此行意義匪淺。在國家外交日益艱難之際，類似這種由學術單位結合監造顧問與業主成立官方正式的外交活動，應是讓台灣突破外交困境，站立國際舞台極好的方法。藉由學術交流，可顯示台灣的科技水準已不在美國之下，尤其這回提出的橋梁天然災害預警防災系統更令全場掌聲不斷，足見我們的努力已受國際矚目；而美方對橋梁的長期維護與檢測計畫應是我國將來橋梁維護的重點。畢竟高速公路自民國 67 年通車以來已歷 30 餘年，其它公路橋梁更是老舊，因此政府在橋梁長期維護與檢測方面應該也是後續最主要的課題。



圖 1：橫跨查理士河的 Zakim Bridge，是一座主跨距 745 英尺(約 227 公尺)的雙塔鋼纜橋，美方極有誠意地為我們封閉一車道讓我們參觀。



圖 2：參訪波士頓 Big – Dig Project 交控中心



圖 3：美方工程司在向我們解說此深三層樓高機房的開挖過程，背面為連續壁，牆面仍保留混凝土面貌，全無修飾。



圖 4：連續壁牆面上還有許多灌漿補漿的痕跡。



圖 5：分歧式鑽石型交流道(Diverging Diamond Interchanges)。此設計主要是讓出入高速公路的左轉車輛在進出聯絡道時，駕駛員可以減少停等紅綠燈號誌的次數，並減少車流交織的狀況，讓車流更為順暢，且不需增加用地需求。



圖 6：一座座橫跨 Ohio River 的大鋼橋，不禁讓人追憶當年匹茲堡的繁華榮景。

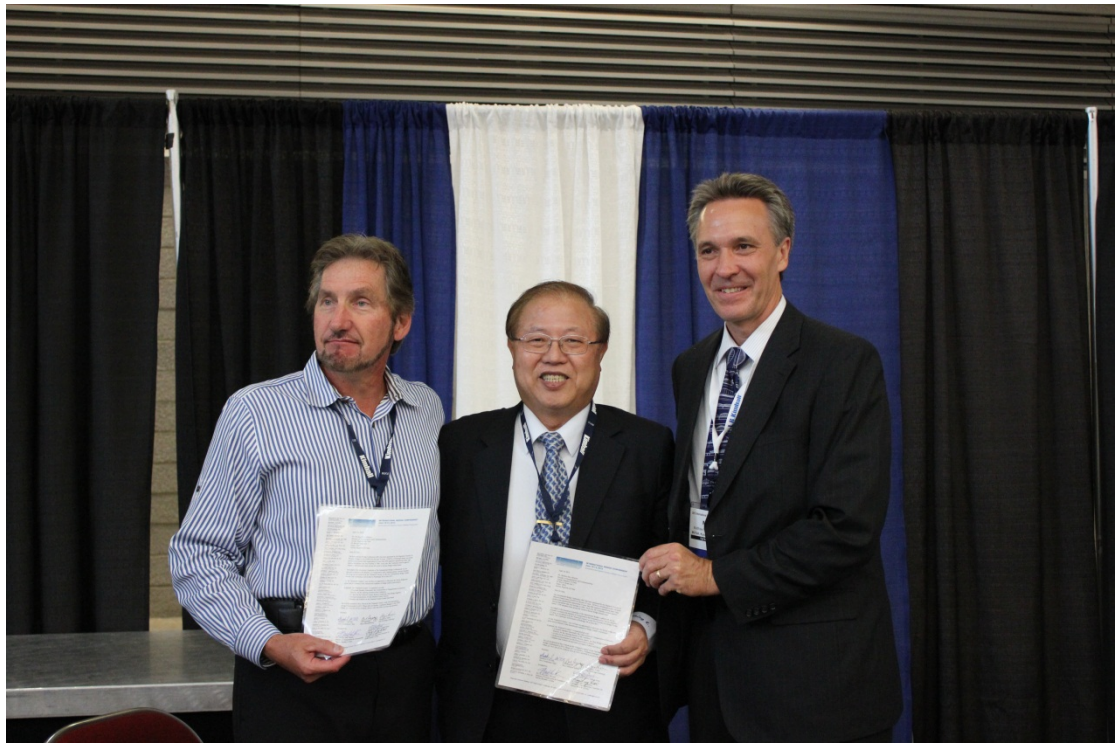


圖 7：台美雙方遞交官方協議合作文件，由右至左依次為 Thomas G. Leech、廖慶隆博士、M. Lee Marsh

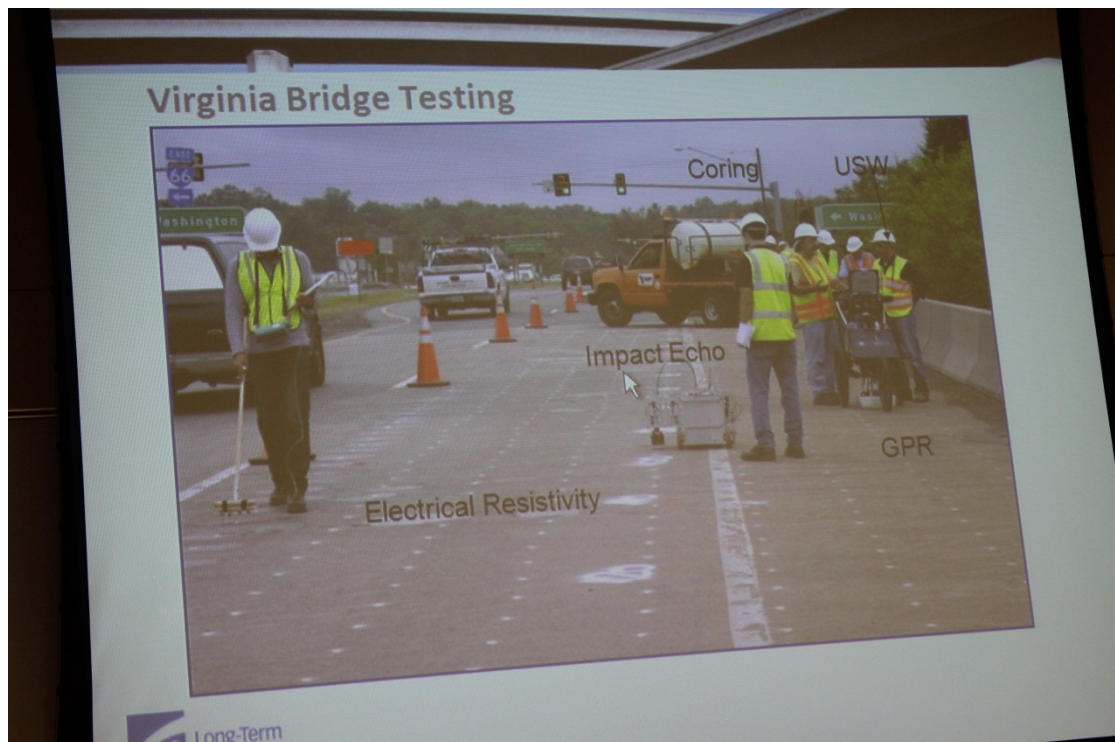


圖 8：橋面板非破壞性檢測，包括目視法、地電阻探測法(Electrical Resistivity)、回音法(Impact Echo)、透地雷達(GPR)、鑽心取樣(Coring)等，檢驗結果結合環境、交通狀況、結構物特性等給予評量。



圖 9：橋面板鋼筋鏽蝕(Rebar Corrosion)



圖 10：因鋼筋鏽蝕造成橋面板混凝土面平行剝離(Deck Delamination)

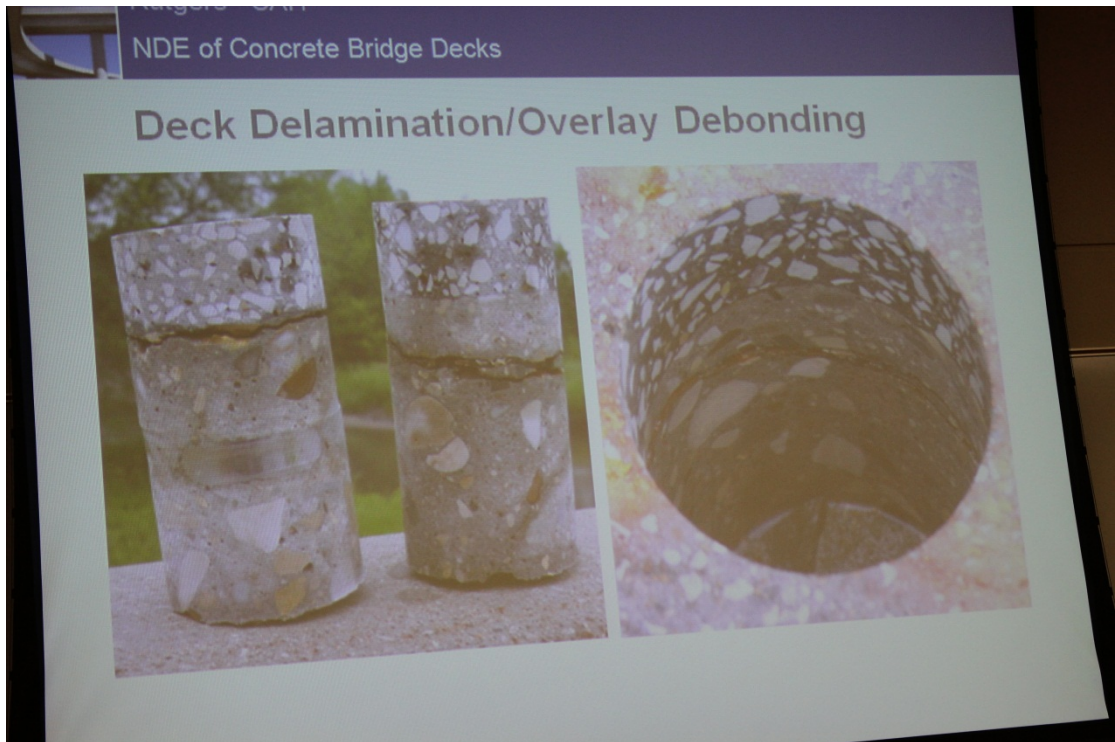


圖 11：橋面板混凝土面平行剝離鑽心取樣

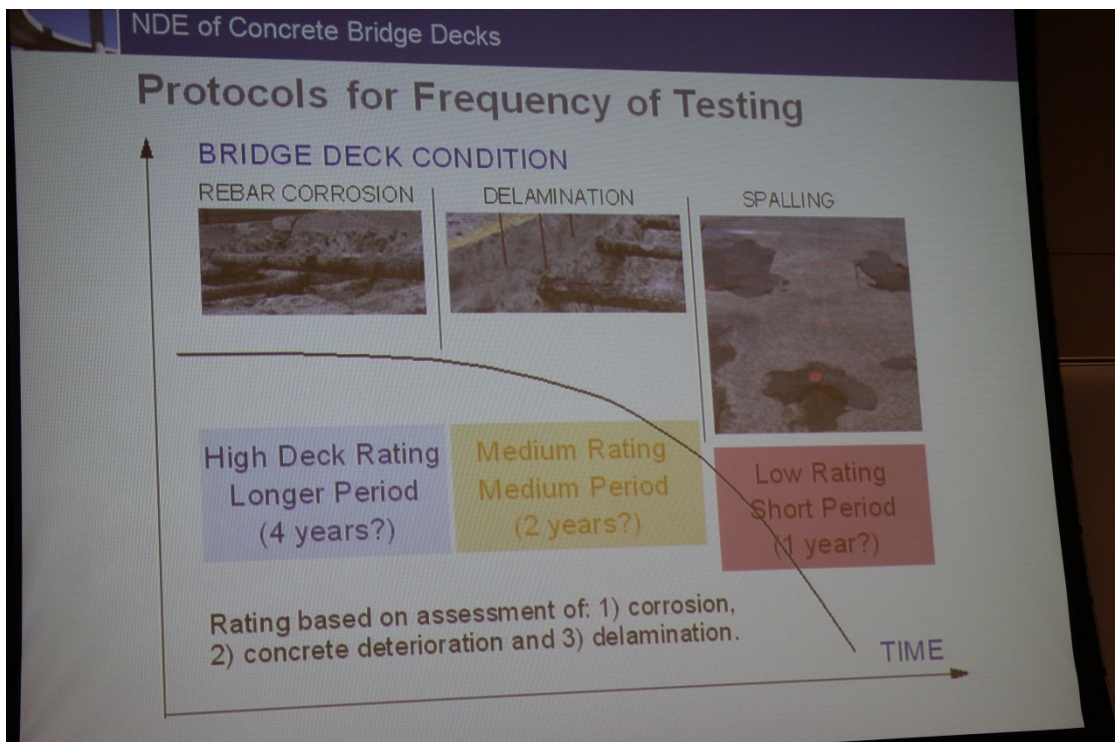


圖 12：依不同程度的破壞等級預測橋梁未來的狀況，並依不同等級擬定檢測頻率，以了解橋梁惡化狀況。

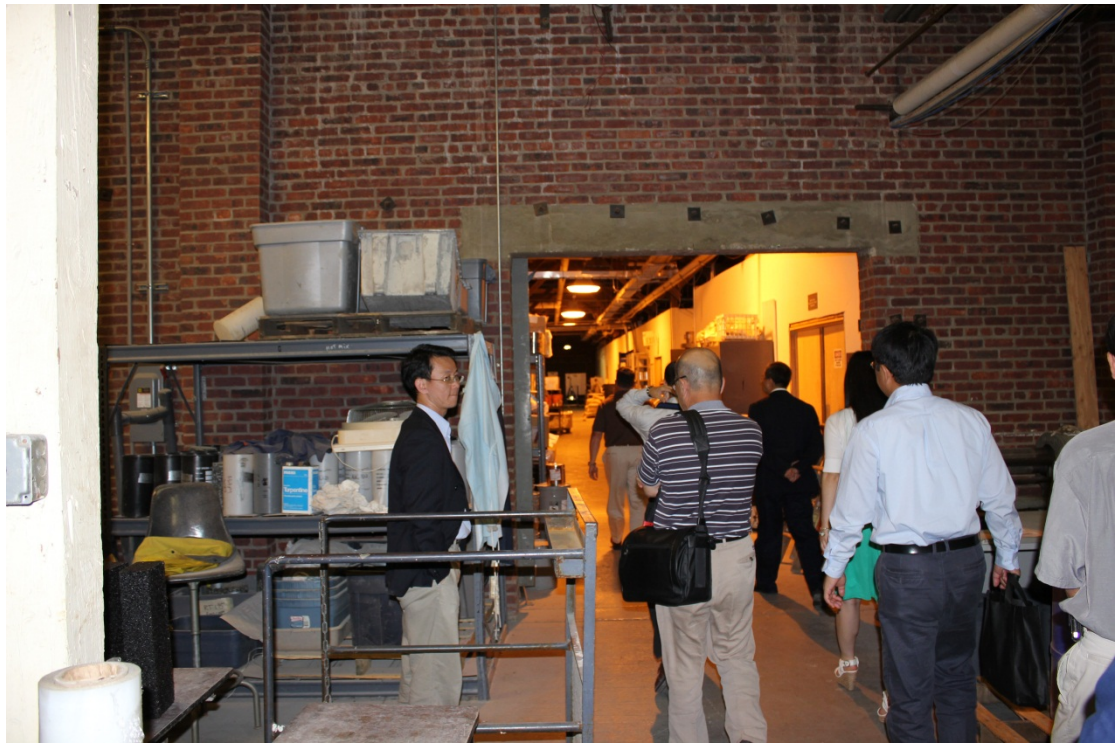


圖 13：光瀝青鋪面的研究就有好幾十間試驗室，進行各種配比、粘性、強度、粒徑的實驗。



圖 14：研究人員向我們展示不同配比的試驗樣品及將進行的試驗。