

行政院所屬各機關因公出國人員出國報告書

【出國類別：技術交流】

交通建設考察出國報告書

服務單位：交通部、交通部鐵路改建工程局、中華顧問工程
司、中央大學、台灣科技大學

出國人員： 廖慶隆 中華顧問工程司 董事長
許俊逸 鐵路改建工程局 局長
王仲宇 中央大學 教授
王昭烈 台灣世曦工程顧問公司 協理
李維峰 台灣科技大學 副教授
藍維恭 交通部路政司 科長

出國地點：法國

出國期間：98年2月11日至98年2月20日

報告日期：98年4月10日

出國報告提要

報告名稱：交通建設考察出國報告書

主辦機關：中央大學

出國人員：廖慶隆 中華顧問工程司 董事長

許俊逸 鐵路改建工程局 局長

王仲宇 中央大學 教授

王昭烈 台灣世曦工程顧問公司 協理

李維峰 台灣科技大學 副教授

藍維恭 交通部路政司 科長

出國類別：技術交流

出國地區：法國

出國期間：98年2月11日至98年2月20日

報告日期：98年4月15日

分類號目：H1/交通建設

關 鍵 詞：LCPC (Laboratoire Central des Ponts et Chaussées, French Public Works
Research Laboratory)
Setra (Technical Department for Transport, Road and Bridges)
M.E.E.D.D.A.T (Ministry of Ecology, Energy, Sustainable Development
and Spatial Planning)

內容摘要：

本文係國立中央大學工學院橋梁工程研究中心邀請交通部派員於98年2月11日至20日赴法國考察橋梁建設及管理，其中包括拜會LCPC(法國公共工程研究院)、Setra運輸道路橋梁技術部，參訪法國工程公司(Freyssinet, Advitam, VSL)，考察橋梁工程設計與施工管理，及橋梁檢測維護與耐震補強，旨在吸收新知，並瞭解法國對於新建橋梁之設計施工，與既有橋梁之維護管理體制，以利交通政策及管理之參考。其中參訪法國Viaduct Millau橋梁工程及巴黎Renovation Privee CB31大樓改造工程等，瞭解法國辦理超大結構設計施工與維護管理體制，其中對於巴黎Le Defenc Renovation Privee CB31大樓改造工程之發想創新觀念相當值得國內參考學習。本報告亦藉由參訪LCPC法國公共工程研究院、Setra運輸道路橋梁技術部，比較國內外研究單位體制之異同，而對於交通部日後規劃成立國家橋樑技術中心之政策亦提出建言供參考。

目 錄

壹、	目的	4 ~5
貳、	行程	6
參、	參訪過程	7 ~ 38
肆、	法國橋梁管理與技術研發體制	38 ~46
伍、	心得與建議	46 ~ 48

壹、目的

鐵、公路等交通運輸系統是現代人類生活中極為重要的維生線，而橋梁則為此系統中不可或缺之構造物。由於橋梁通常須跨越河川、溪谷等障礙物，工程費用龐大，施工期間長，損害修復不易，故橋梁在交通運輸系統中，具有極為重要的地位。台灣地狹人稠，又是崇山峻嶺、河川短促密佈的地方，且位於亞熱帶又屬高溫、潮濕的海島型氣候，是一個容易發生腐蝕的環境，加上都市化與工業化的急速發展，使得大氣中的腐蝕因子大為增加，因而影響到橋梁的耐久性。此外，台灣位居颱風的正衝，也是地震頻繁地帶，橋梁在地震或颱洪中產生的災害，除了可能造成直接的生命財產損失外，更可能因交通中斷，阻礙搶救與復原工作之進行，而對社會、經濟造成難以估計之傷害。因此，近年來橋梁的安全維護問題及防災能力深受大家的重視，也成為眾所關心的課題，2007年8月1日傍晚於美國明尼蘇達州所發生的斷橋事件以及2008年9月15日晚上位於台13線跨大甲溪，橋齡達47年的后豐大橋，在辛樂克颱風所造成的泥石流沖擊下發生了斷橋事件，亦對國內外橋梁工程養護管理單位提出警訊，必須重新檢討橋梁之安全維護工作相關之策略、制度、技術。

鑒於台灣地區目前對於橋梁安全維護科技之研發工作，是分散在國科會、交通部暨交通部所屬機關及縣市政府的零星研究案在執行，缺乏長期、整體的理念與研發策略，多是短期研究，經費有限、成果未予整合以致效益不彰，又常因為政府對研究案之投資經費有限以致於難以進行國際交流合作計劃。交通部近期開始探討與規劃建立一國家級橋梁技術中心(National Bridge Technology Center)，結合全國的科技人力，有效率地規劃及執行橋梁各類安全維護前瞻科技之研發、移轉、訓練、授証及交流工作，並可長期作全國橋梁檢、監測資料之管理、分析工作。

預期橋梁中心的建立，可提昇橋梁設施的服務品質與安全，建立臺灣工程科技的國際知名度，活絡土木營建工程領域，讓台灣的民生基本建設永續發展。

本訪問就參訪 LCPC 法國公共工程研究院、Setra 運輸道路橋梁技術部及法國工程公司 (Freyssinet, Advitam, VSL, ETIC) 的橋梁技術研發與系統認證、實驗室與現

地應用、橋梁維護管理預警技術，橋梁檢測與安全評估等相關技術人員訓練與授證以及汲取此些先進國家的體制、經驗與科技方法，作為協助政府規劃國家級橋梁技術中心的參考。

貳、行程

日期（98 年）	行程概要	地點
2/11（三）	台北-----巴黎	飛機上
2/12（四）	抵達巴黎 巡訪巴黎地鐵系統場站	巴黎
2/13（五）	參訪 Setra 運輸道路橋梁技術部、 LCPC 法國公共工程研究院	巴黎
2/14（六）	參觀 Viaduct Millau 橋梁工程	Millau
2/15（日）	考察橋梁之現場維護情況	巴黎
2/16（一）	拜會 Freyssinet 公司橋梁系統驗證實驗室， Advitam 簡報	巴黎
2/17（二）	拜會 VSL 總部 Challenger 及 參觀 Le Defence Renovation Privee CB31 大樓改造工程	巴黎
2/18（三）	拜會 VSL 總部 Challenger， ETIC 技術研討	巴黎
2/19（四）	巴黎-----台北	飛機上
2/20（五）	返抵國門	飛機上

參、參訪過程

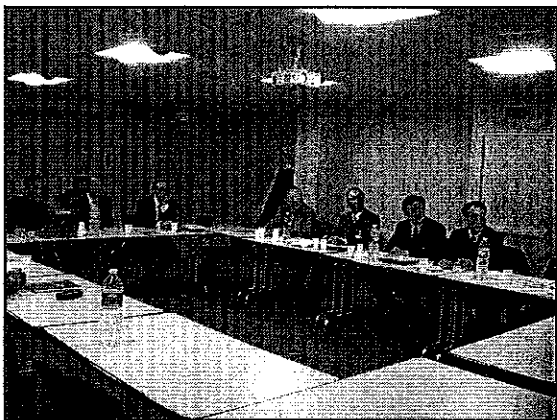
一、參訪法國Setra (運輸道路橋梁技術部)

2 月 13 日上午 9:30 ~12:30

Setra 是法國高速公路管理單位之州級設計部門(State design office of highway authority)。這是訪法的第一個參訪單位，一早約 7:30 即由旅館出發，因為是週五的上班時間，巴黎的市區交通至為擁擠，由住宿的旅館花了約一個多小時的車程才到達。因為廖慶隆董事長及許俊逸局長的資歷及現職在台灣屬高階訪者，在到法國訪問之前，即與 Cremona 博士聯絡，告知了我們此番訪問之目的及有興趣之議題，所以法方的安排非常之高規格，由 Setra 橋梁工程技術部的主任(Thierry KRETE)負責接待及進行簡報。KRETE 主任共安排了 7 項簡報，(見下表)。對法國橋梁維護管理的架構、檢測頻率、方法、管理系統、整體費用、Setra 的任務目標，以及該單位近期在橋梁工程的一些新設計作了清楚的介紹。

	專題報告	主講人
1	Bridge Management in France	Thierry KRETZ
2	Introducing the different types of bridges in France	Gilles LACOSTE
3	Management and inspection System of Structures/Bridges (BMS)	Nathalie ODENT
4	Risk analysis of critical bridges	Cristian CREMONA, Joel RAOUL and Thierry KRETZ
5	Assessment and Repair of Existing Bridges	Jean-Michel LACOMBE
6	New Design : Mixed Bridges	Joel RAOUL
7	New Design : High Performance Fibre Reinforced Concrete Bridges (HPFRC)	Pierre MARCHAND

照片 1 與照片 2 分別是受訪單位專題報告與座談及廖董事長贈送參訪單位資料之照片。



照片 1



照片 2

二、參訪法國中央道路橋梁研究實驗室(LCPC)

2 月 13 日 14:00~17:00

在 Setra 訪問後，驅車前往 LCPC 訪問，LCPC 的法文是 Laboratoire Central des Ponts et Chaussées 意思大致是中央道路及橋梁實驗室，不過在其近期英文介紹又稱其自己為 French Public Work Research Laboratory。它和 Setra 現在都屬於法國政府新近組編的生態/能源/永續發展/空間規劃部 (Ministry of Ecology, Energy, Sustainable Development and Spatial Planning, MEEDDAT) 下的單位。Setra 應較偏於工程實務之設計應用，而 LCPC 則較偏於先新技術之研究發展交流與人才培育。

此次和參訪團接洽及交流的單位是 LCPC 的物理系統量測方法及儀器設計部門，由其主管 Mr. Francois DERKX 及國際交流事務的副主任 Sylvie Proeschel 女士接待及作簡報及實驗室參觀，(見下表)。

	專題報告	主講人
1	International Cooperation and the Role of Europe as Booster of Domestic Research	<i>Sylvie Proeschel</i>
2	Ongoing Research and Advances in Monitoring and Control of Infrastructures with Emphasis on Multi-Disciplinarily	<i>Frederic Bourquin, Francois Derkx and Cyril Nguyen-Van-Phu</i>
3	Smart Composite Material-based Structure for Durable Bridge Infrastructures	<i>Monssef Drissi-Habit</i>
4	Fiber Reinforced Plastic-Based Retrofit	<i>Karim Benzarti</i>
5	Laboratory Visits	

座談會首先由中央大學王仲宇教授將台灣在橋梁維護管理科技的需求及發展現況作了介紹，接著由法方的 BOURQUIN 博士與其團隊研究人員，將其近期於橋梁檢測與補強領域所發展的技術作了介紹，相較之下，台灣在土木工程檢測技術的水準不遜於法國，不足之處則在於台灣缺乏一類似的機構，在政府的支持之下長期而有策略地去發展土木工程所需之相關技術。

LCPC 有四個實驗室散佈在法國不同地區，巴黎的總部因歷史較久，且佔地面積不大，只作縮尺模型實驗及基礎技術的研發。在互贈禮品時，LCPC 送給我們一本介

紹他們研究院 250 年以來有名的工程師的書，雖是法文，但是赫然見到 Saint-Venant, Navier, Reynaud, Navier, Darcy, Biot, Cauchy 等人的名字於其中，這些都是我們學工程力學時耳熟能詳的大人物及偶像，由此可見 LCPC 這一單位對世界工程科技的發展有著相當卓越之貢獻。

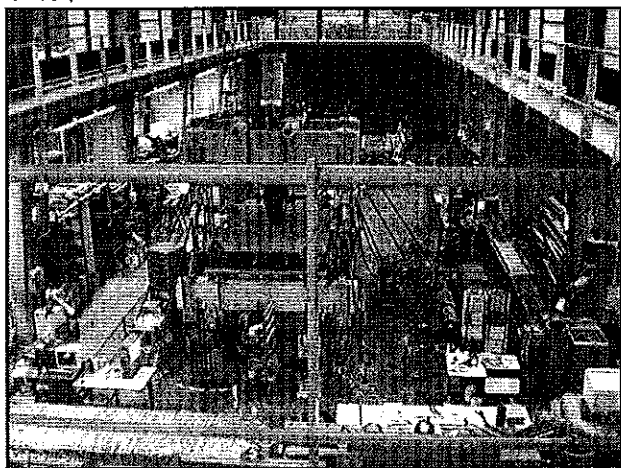
照片 3、4 分別是與受訪單位座談及王教授於會中介紹中央大學近年來對台灣橋梁研究成果之照片，照片 5~7 是參觀 LCPC 實驗室及其正在進行之鋼床板橋受疲勞載重之實驗，照片 8 是與受訪人員合照照片。圖 1、2 為組織簡介及層別。



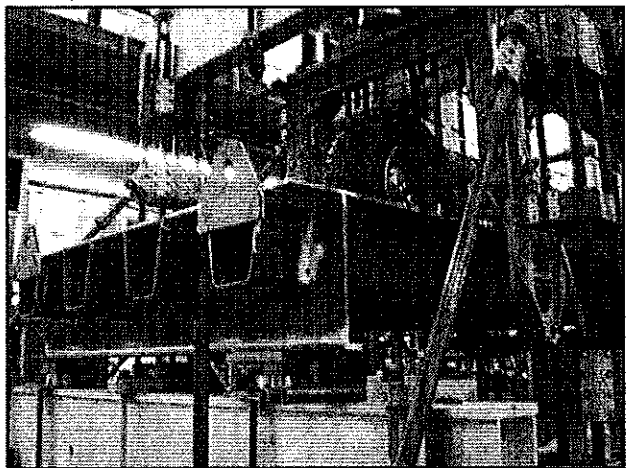
照片 3



照片 4



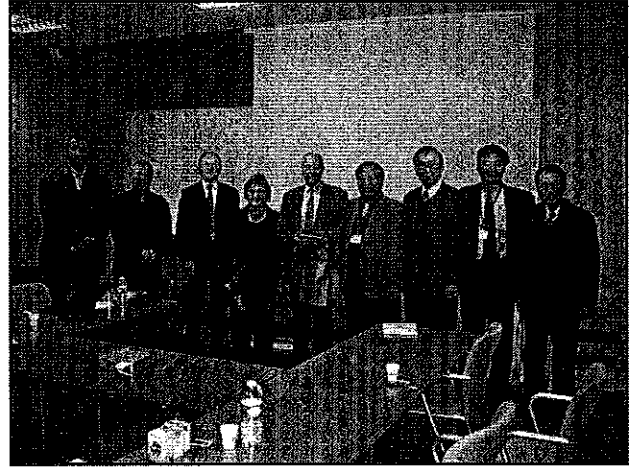
照片 5



照片 6



照片 7



照片 8

And also ...

Handling lateral obstacles on main roads in open country
Traitement des obstacles latéraux sur les routes principales hors agglomération

ICCTAL - National Instruction on Technical Design Requirements for Rural Motorways
ICCTAL - Formation aux exigences techniques d'aménagement des routes hors de l'agglomération

The design of mountain interchanges on major roads - As grade interchanges
Aménagement des échangeurs montagneux sur les routes principales - Carrefours plans

Notices

Heavy Goods Vehicle Queueing Bays - Same information to guide decision making
Information sur les bords de files d'attente - Éléments d'aide à la décision

Nature 2050 - Impact assessment principles for land transport infrastructure
Nature 2050 - Principes d'évaluation des incidences des infrastructures de transports terrestres

Calculation of the loads of chronic pollution from roadways tunnels
Calcul des charges de pollution chronique des raves de circulation sous des ponts à voûte

Importing early life - Skill retention - The micro-innovation process
Amélioration de l'efficacité du trafic - Procédés de micro-innovation

Understanding the principal geometric design parameters for roads
Comprendre les paramètres géométriques de conception des routes

Wideside soil and plant pollution - Metal trace elements
Calcul des charges de pollution chronique des raves de circulation

Soon available

Road pollution - Conception of water treatment
Pollution de l'air et de l'eau - Conception des ouvrages de traitement des eaux

Transportation of products - Characteristics of proportions and transportation capacity
Transport de marchandises - Caractéristiques de l'offre et capacités des modes de transport

Barrières 3 - Application to concrete highway bridges
Barrières 3 - Application aux ponts routiers en béton

Road widening and preservation of water environment - Environment and managing and technical solutions
Élargissement et préservation de l'environnement aquatique - Aménagement environnemental et solutions techniques

Environnemental loading - Use of bridges, viaducts and similar structures
Appareils d'appui et structures fixes - Utilisation en la pose-viaduc et structures similaires

Elastomeric pad bearing - Use of bridges, viaducts and similar structures
Appareils d'appui en caoutchouc - Utilisation sur les ponts, viaducs et structures similaires

Line treatment of road and climatic conditions - Application to the implementation of pavement
Traitement des raves à la climatisation des lignes hydrauliques - Application à la réalisation des raves de chaussée

SCRE: Users' Safety on Existing Roads

- 1 - Projecting road management
- 2 - Road Safety video analysis for existing the roads
- 3 - Diagnosis and access guidelines
- 4 - Action advice and implementation

SDRE: School des experts sur les routes existantes

- 1 - Information et management
- 2 - École d'experts de sécurité pour l'entretien des routes
- 3 - Diagnostic et plan d'action
- 4 - Plan d'action et réalisation des actions

Et aussi ...

Handling lateral obstacles on main roads in open country
Traitement des obstacles latéraux sur les routes principales hors agglomération

ICCTAL - National Instruction on Technical Design Requirements for Rural Motorways
ICCTAL - Formation aux exigences techniques d'aménagement des routes hors de l'agglomération

The design of mountain interchanges on major roads - As grade interchanges
Aménagement des échangeurs montagneux sur les routes principales - Carrefours plans

Notes d'Information

Heavy Goods Vehicle Queueing Bays - Same information to guide decision making
Information sur les bords de files d'attente - Éléments d'aide à la décision

Nature 2050 - Impact assessment principles for land transport infrastructure
Nature 2050 - Principes d'évaluation des incidences des infrastructures de transports terrestres

Calculation of the loads of chronic pollution from roadways tunnels
Calcul des charges de pollution chronique des raves de circulation sous des ponts à voûte

Importing early life - Skill retention - The micro-innovation process
Amélioration de l'efficacité du trafic - Procédés de micro-innovation

Understanding the principal geometric design parameters for roads
Comprendre les paramètres géométriques de conception des routes

Wideside soil and plant pollution - Metal trace elements
Calcul des charges de pollution chronique des raves de circulation

Prochainement

Road pollution - Conception of water treatment
Pollution de l'air et de l'eau - Conception des ouvrages de traitement des eaux

Transportation of products - Characteristics of proportions and transportation capacity
Transport de marchandises - Caractéristiques de l'offre et capacités des modes de transport

Barrières 3 - Application to concrete highway bridges
Barrières 3 - Application aux ponts routiers en béton

Road widening and preservation of water environment - Environment and managing and technical solutions
Élargissement et préservation de l'environnement aquatique - Aménagement environnemental et solutions techniques

Environnemental loading - Use of bridges, viaducts and similar structures
Appareils d'appui et structures fixes - Utilisation en la pose-viaduc et structures similaires

Elastomeric pad bearing - Use of bridges, viaducts and similar structures
Appareils d'appui en caoutchouc - Utilisation sur les ponts, viaducs et structures similaires

Line treatment of road and climatic conditions - Application to the implementation of pavement
Traitement des raves à la climatisation des lignes hydrauliques - Application à la réalisation des raves de chaussée

SCRE: Users' Safety on Existing Roads

- 1 - Projecting road management
- 2 - Road Safety video analysis for existing the roads
- 3 - Diagnosis and access guidelines
- 4 - Action advice and implementation

SDRE: School des experts sur les routes existantes

- 1 - Information et management
- 2 - École d'experts de sécurité pour l'entretien des routes
- 3 - Diagnostic et plan d'action
- 4 - Plan d'action et réalisation des actions

Sétra Sétra

45 avenue
Néelide Buisson
37100
92235 Bagneux Cedex
France
téléphone :
33 (0)1 46 11 31 31
télécopie :
33 (0)1 46 11 31 40
internet : www.setra.
equipement.gouv.fr

English Publications en anglais

Publications in English
<http://www.setra.equipement.gouv.fr/en-english.html>

Sétra is involved in a willing policy to translate all documents that might interest the international road community.

Documenter :
La DTR (documentation des techniques routières françaises)
• internet : <http://dtr.setra.equipement.gouv.fr>
• 12 (réseau internet) : <http://dtr.setra.fr>

Les sites web du Sétra
• internet : <http://www.setra.equipement.gouv.fr>
• 12 (réseau internet) : <http://setra.setra.fr>

Le Sétra appartient au Réseau Scientifique et Technique de l'Équipement

Le Sétra appartient au Réseau Scientifique et Technique de l'Équipement

1

11

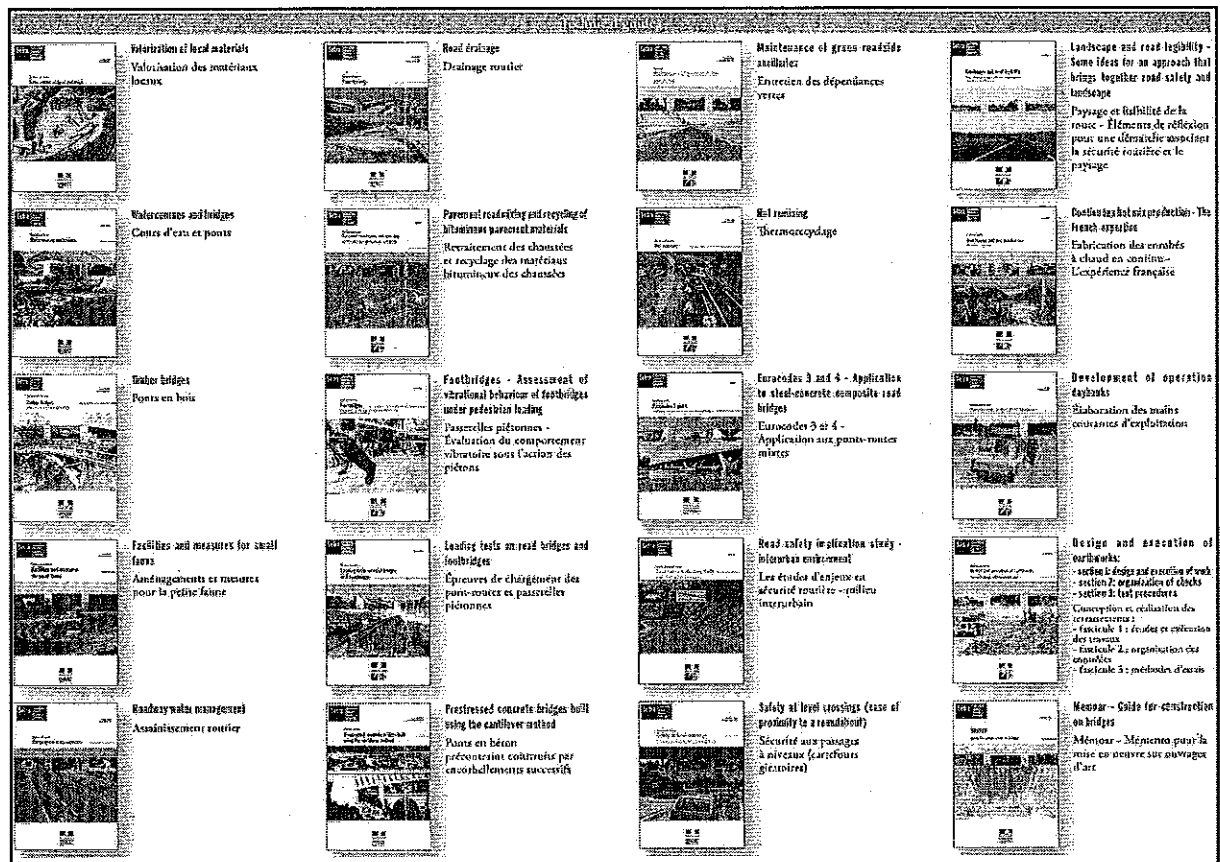


圖 2

管理者	橋數(座)
州(state)	10,000
縣(counties)	103,000
社區(communes)	122,000
快速路特許擁有者(motorways concession holders)	6,800
RFF(鐵路橋)	6,300
共計	233,000

三、參觀 Viaduct Millau 橋梁工程

2 月 14 日 05:00~19:00

Viadut Millau 是世界著名的斜張橋，位於法國南方之 Millau 鎮，因為其橋面版到河底之高度有 270m，因此在雲霧之時，彷彿是浮在雲端之大橋，全世界的工程師皆因其橋景照片而著迷，因此特別在行程中規劃實地訪查。由巴黎搭機到地中海邊

的 Montpellier 市再開約 2 小時的車方可抵達 Millau 鎮，在 Advitarn 公司 Mr. Houhanessian 的導覽下，於不同地點觀察此一具有特色的美麗橋梁。在昨日 Setra 訪問的午餐時，一位工程師說明現在的橋梁設計要與建築師一同去考慮橋梁的造形及美學，而且在法國的土木工程教育中應納入建築美學相關的課程。Millau 橋之建造不僅彰顯了法國橋梁的科技水平，亦成為一種建立國際交流的方式，就像巴黎的艾菲爾鐵塔，已成為法國的象徵之一，替法國帶進了數不清的觀光產值。台灣日後亦有可能建造一些大跨度的橋梁，由規劃設計到建造的過程應該對其中的相關技術、效益、造形等事宜，作廣泛而深入的探討及規劃。否則草率匆促而建造的大型構造物必然是後患無窮，而且常常是不符合生命週期成本效益的。

Millau 大橋的基本資料與特色如下：

1. 橋梁概況

中央單索面之多孔斜張橋，全長 2460m，跨度配置為 204m+6@342m+204m，橋面高度達 207m，最高橋墩高 340m(北端 P2 橋墩)，包括橋面下方之橋柱有 245m 及橋面以上有 89m 高的橋塔。全橋位在 $R=20,000m$ 之曲線上，橋面高程是由南端以 3% 坡度連接至北端，橋梁立面如圖 4。本橋由於高度甚高，橋面常位在雲端之上，且橋墩亦比巴黎艾菲爾鐵塔還高，開車在上方，宛如行走在雲端，故亦有雲頂大橋之稱謂，如圖 20~22 所示。

高架橋位在法國南部之 Millau 鎮，是於巴黎至法國南邊地中海沿岸地區之 A75 公路上，該公路並可延伸至西班牙巴塞隆納，其位置如圖 5。本橋所在路段是位在兩高原之間，跨過 Tarn River，在未興建本高架橋及此段 A75 高速公路之前，原有交通是以經過 Millau 鎮之 RN9 地方公路連繫，因該地方公路蜿蜒繞經山坡地形，為本道路之瓶頸路段，因此法國政府為紓解每年夏季渡假期間，往來巴黎與地中海沿岸地區之交通擁塞，並為避免大量車潮經過 Mullau 鎮，乃計畫興建本高架橋，連接兩高原，以縮短其間路程和提昇道路水準。本路段是於 1992 年先由 Setra 提出計畫路線和橋梁基本規劃，而後經過研究與設計，於 2001 年 12 月開工，歷經 3 年施工，於 2004 年 12 月完工，總工程費 3 億 9400 萬歐元，目前過路費為每車 4.6 歐元。完成後可使該路段由 50 公里長減為 2 公里，行車時間亦由 2 小時縮短至 10 分鐘。此橋共使用了約 36000 公噸的鋼料(是艾菲爾鐵塔的 5 倍)，混凝土則使用了約 85000 立方米，其中 50000

立方公尺是採用高性能混凝土，混凝土的總重量約是 205000 公噸，此橋建造時共動員了約 600 位駐地工程人員。

配合當地之地形景觀，本橋在結構造型上甚為輕巧細緻，而上部結構採用白色塗料，更使在視覺上能有輕量效果。本次行程亦曾參訪 Mullau 鎮，Mullau 鎮是位在高原中之山谷，照片 9 是由 Mullau 鎮遠望 Mullau 高架橋，當地道路並不寬敞，該市鎮之山景與道路情況如照片 10 至 13 所示。

2. 風力設計

除一般之設計力量外，本高架橋因位在山谷間，在設計時須特別注意風力。有關風力對本橋影響之研究，主要有下列幾項：

其中，橋梁跨度主要即是依橋塔高度與鋼索面所構成之受風面積來選擇，例如當全橋僅採用 4 支橋柱、主跨跨距為 580m 時，因塔高須為 130m，受風面積將達 $38,000\text{m}^2$ ，如圖 5；但如全橋增為 7 支橋柱、跨距將減為 350m，橋塔亦可降為 75m，而受風面積將可減為 $13,000\text{m}^2$ ，僅為前者之 1/3，如圖 6 所示，經詳細研究並配合力學分析，本工程最後是採用 7 支橋柱與 342m 長之跨度方案，橋塔高度為 89m。

另為減少行車時受風力作用之不舒適性與增加安全感，本橋兩側外緣亦配合風洞試驗結果，設置 3m 高之防風牆(wind screen)及 3m 寬的路肩，以使強風時經過橋面上之風速可如圖 7 減為一半，而防風牆構造亦如圖 8 方式，考慮車上旅客之視線，有關該防風牆之現場構造如圖 23~25。

上部結構斷面於初期設計時，是先考量中央單索吊撐點及斷面重量與風昇力等作用，在橫斷面上是採用中央為最深之 4.9m 高，並由中央以直線方式將梁深縮減至外緣，使梁底成一倒山脊狀之斷面形狀，如圖 9 所示。但該斷面於風洞試驗時，發現梁底在背風面側會有紊流(turbulences)現象，因此最後斷面方案是改如圖 10 方式，將梁底斷面之中央改設成一 4m 寬之水平部分，並配合應力需求，將梁深減為 4.6m，有關上部結構造型如圖 26 與 28。

3. 上部結構

上部結構經比較圖 11 所示之混凝土結構與鋼結構方案，最後是選用圖 12 之鋼結構斷面，另本橋在橋面以上之橋塔亦採用鋼結構，全橋總鋼重為 36,000 噸；橋面構造則是考量勁度及為減輕重量，採用較適合振動、變位之鋼床板結構(orthotropic deck)，即如圖 13 於鋼床板上方直接鋪設磨耗層，無 RC 橋面版。

上部裝設吊索之橋塔則採用固接方式和上部結構接合，該橋塔構造之下段是配合

下部結構方式，採用雙柱式，而設置鋼索部分之上段則合為單柱；每支橋塔之兩邊是對稱各設置 13 支鋼索，以吊撐上部結構，如圖 14。此橋的斜張預力鋼纜是由 Freyssionet 公司所施作。上部結構在橋塔下方是以鉸接之支承方式，支撐在下部結構之橋柱上面。

4. 下部結構

下部結構之橋柱是採用空心混凝土結構，其形狀經考量風力效應、施工性與景觀等因素，以如圖 15 與圖 16 之研究比較方式，最後選擇圖 21 方案，其中上方 90m 高部份為雙 C 型斷面之雙柱結構，其餘下方橋柱採用多角形斷面之單柱結構，橋柱在垂直車行方向之下方寬度為 17m、上方 12m，平行車行方向之下方柱寬 25.5m、上方在雙柱外緣間距為 15m，如圖 16 與 17。

基礎是配合工址處之石灰岩地質，每支橋墩設置 4 支直徑 4~5m、長 12m 至 18m 之井筒式基樁，基礎版厚 5m，如圖 18。

5. 施工方法

在施工方式，下部橋柱是以爬昇模板方式，平均每 3 天澆鑄一節段，每節段 4m 高，另全橋每座橋墩均同時施工，施工當時之情形如圖 29 與 30。

上部結構之鋼梁與中央兩座橋塔則是如圖 19 方式，以節塊推進工法(Incremental launching method)，由兩端橋台分別向中央推進至定位，每 2 至 3 星期推進一跨，當時施工情形如圖 31、32。除中央兩橋塔外之其餘橋塔則是在全座鋼橋塔組均裝完成後，再運至現場，豎立與定位後接合，施工情形如圖 33、34。

6. 監測與管制

由本高架橋屬特殊橋，除為驗證設計時所考慮因素之差異性，以供擬訂本橋後續之維護策略外，並為監測本橋目前之實際現況，以做為現場交通管理與因應之需要，本高架橋裝設有多種監測儀器並採無線遠傳方式，在現場可看到設有交通管制用之設施，如圖 35。

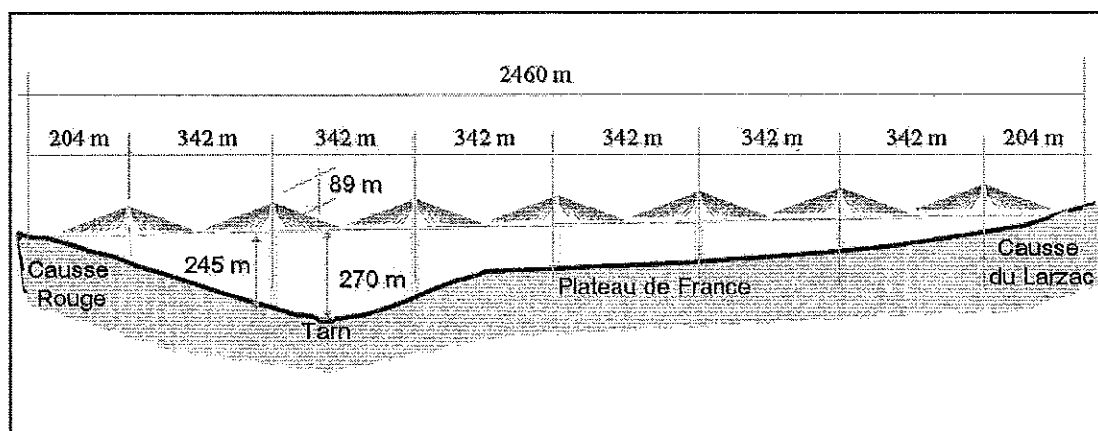


圖 3

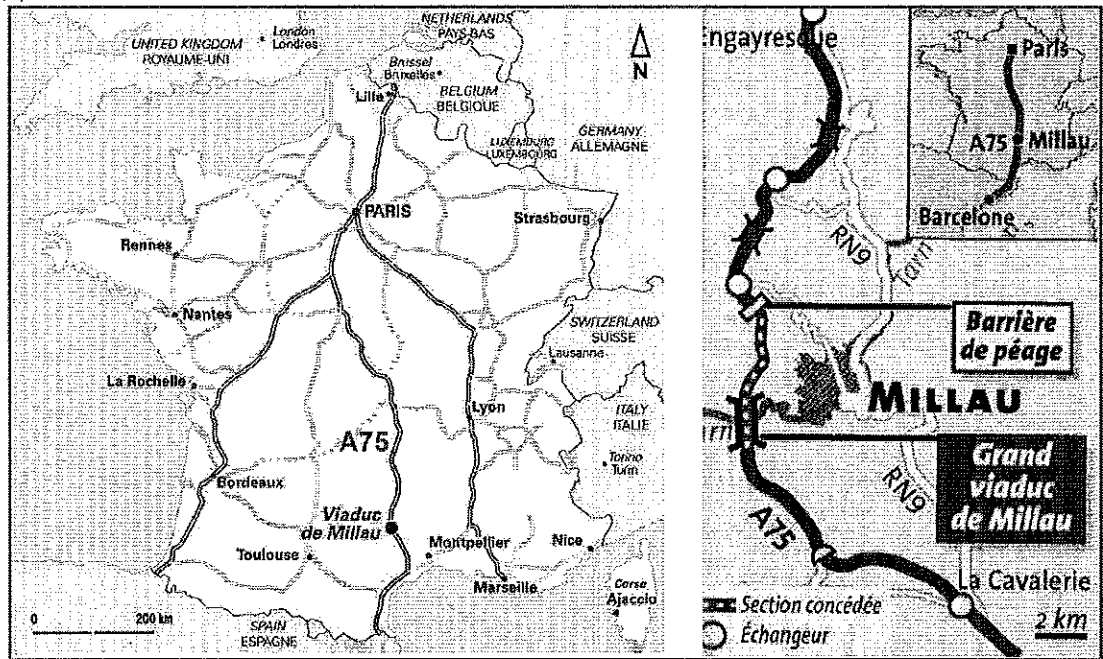


圖 4

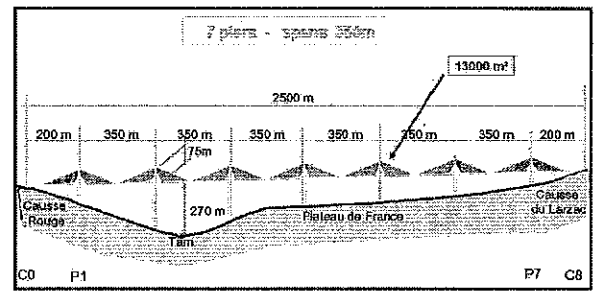
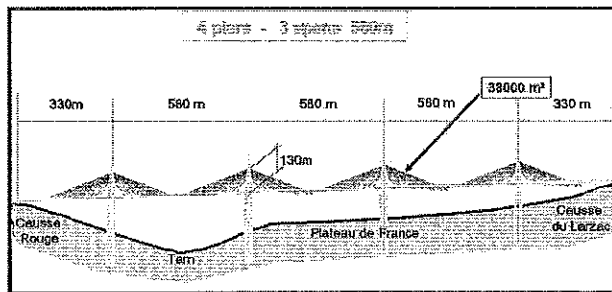


圖 5

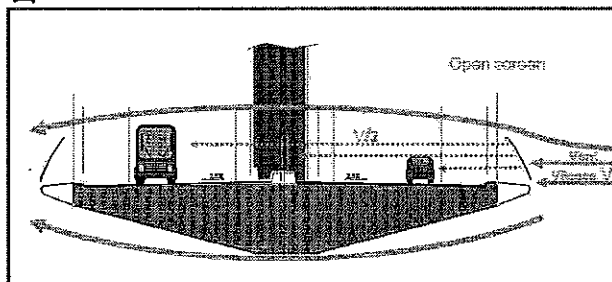


圖 7

圖 6

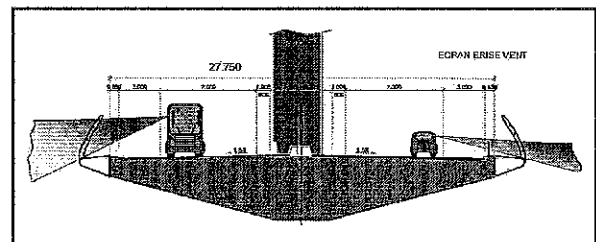


圖 8

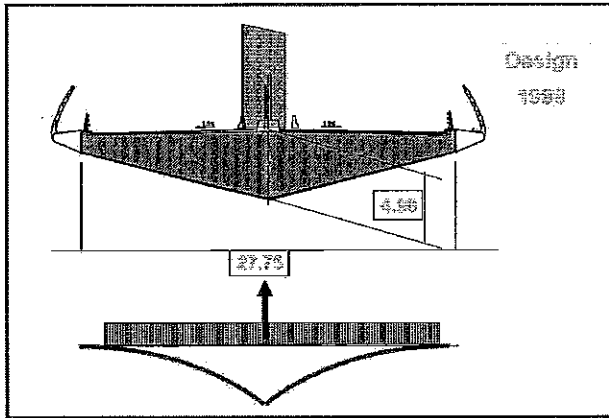


圖 9

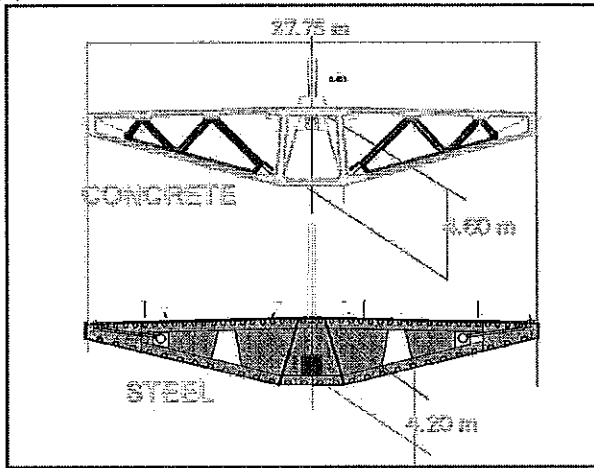


圖 11

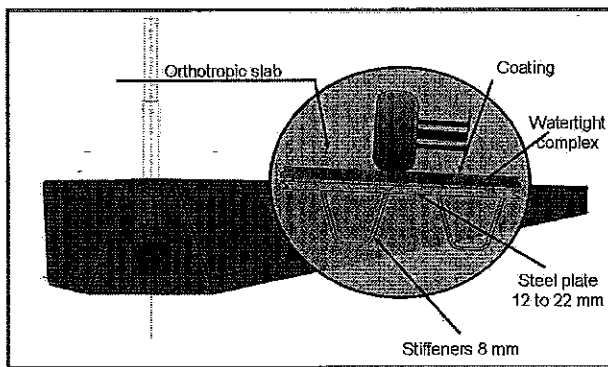


圖 13

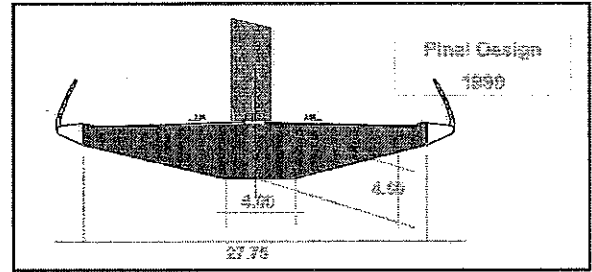


圖 10

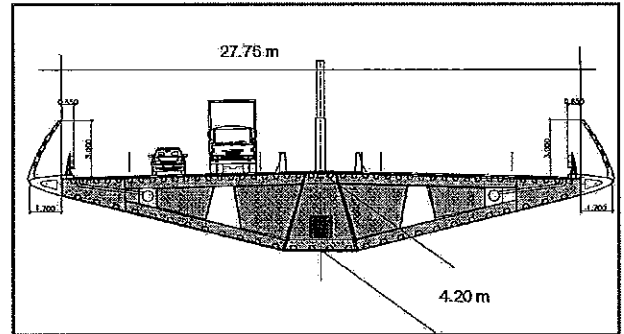


圖 12

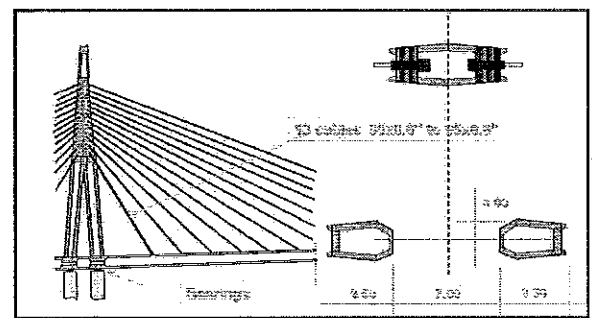


圖 14

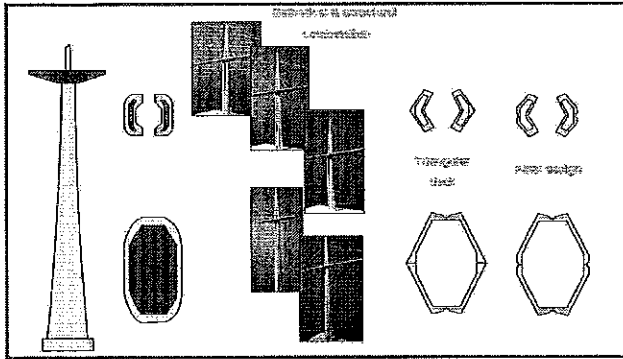


圖 15

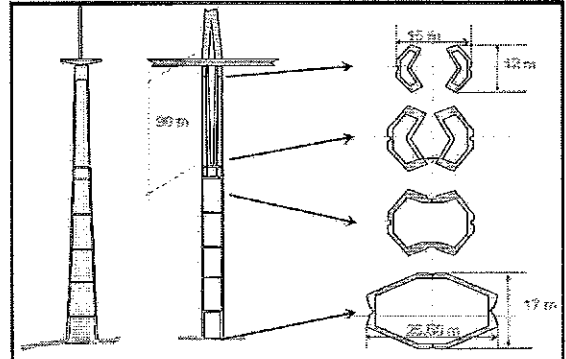


圖 16

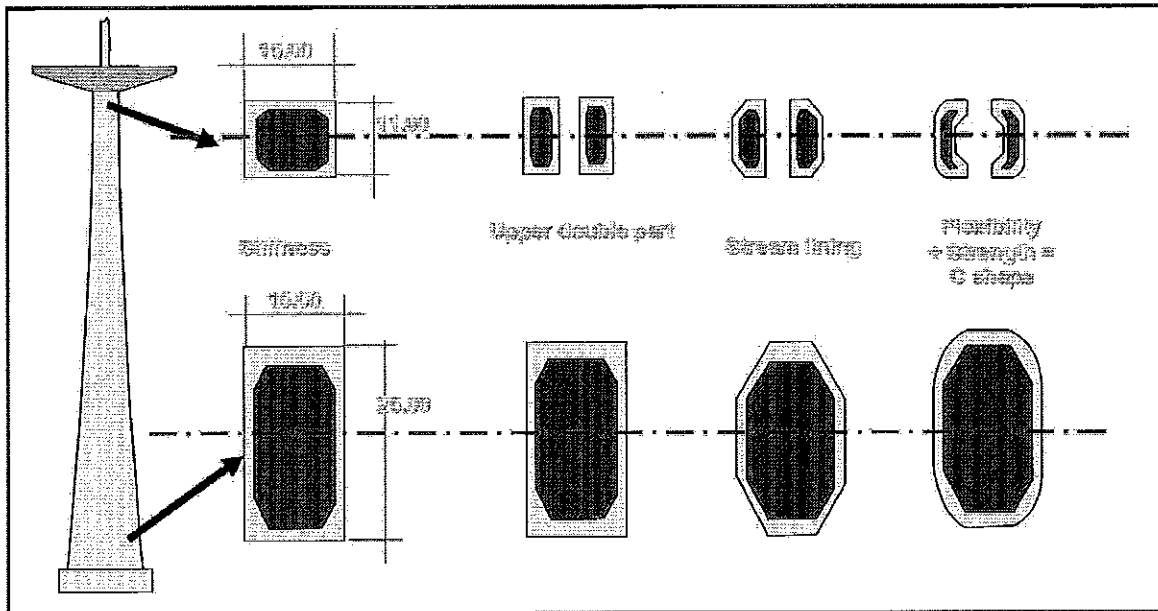


圖 17

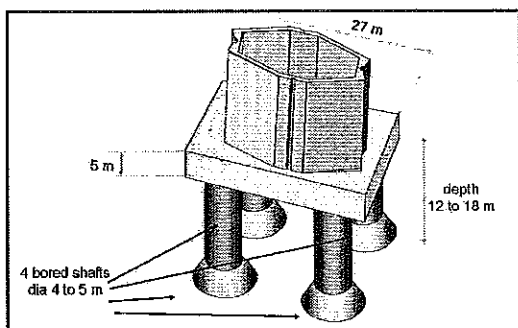


圖 18

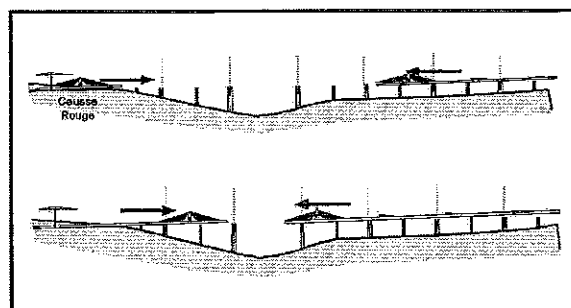


圖 19

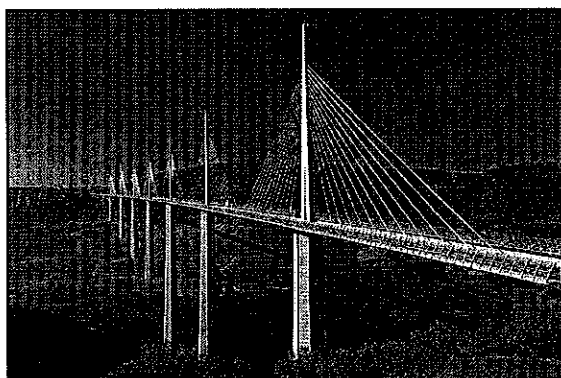


圖 20

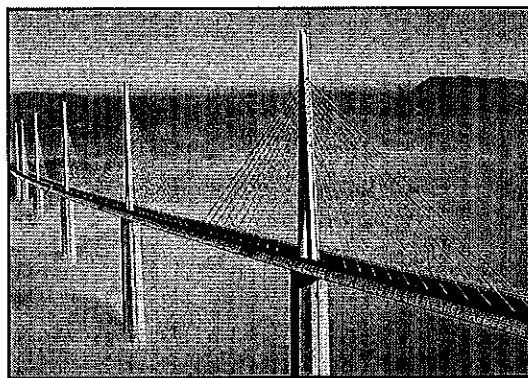


圖 21

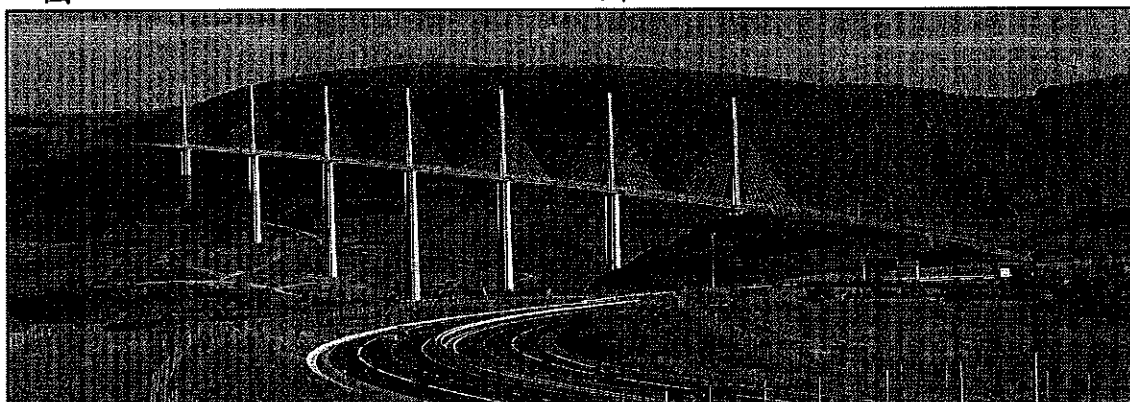
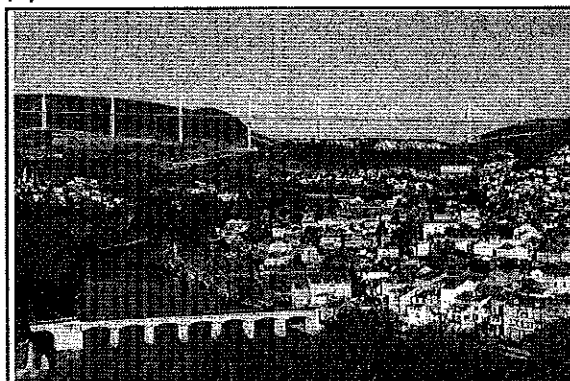
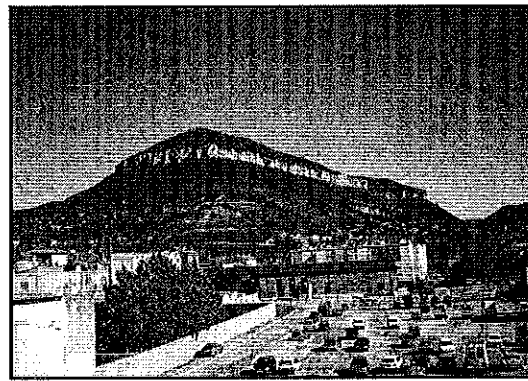


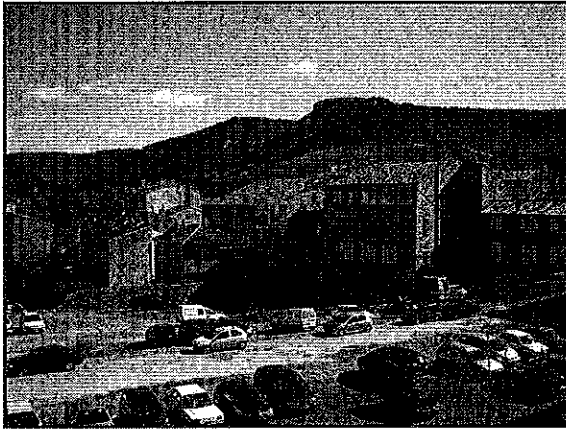
圖 22



照片 9



照片 10



照片 11



照片 12



照片 13



圖 23

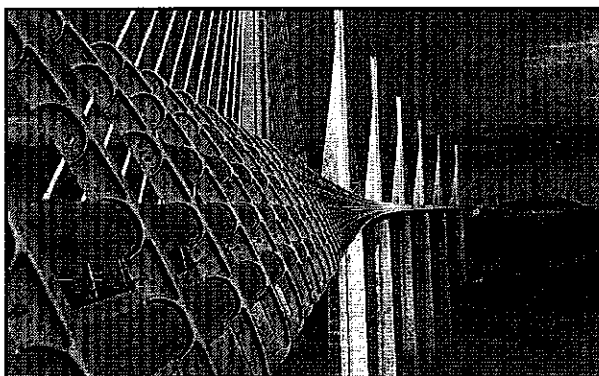


圖 24

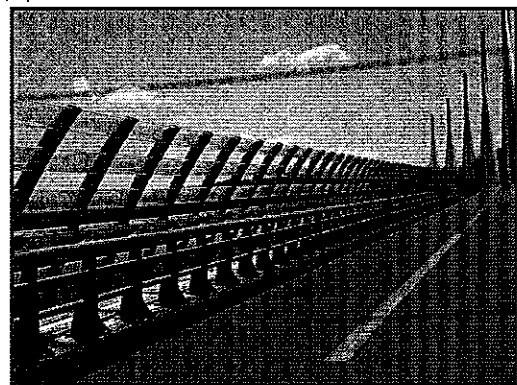


圖
25

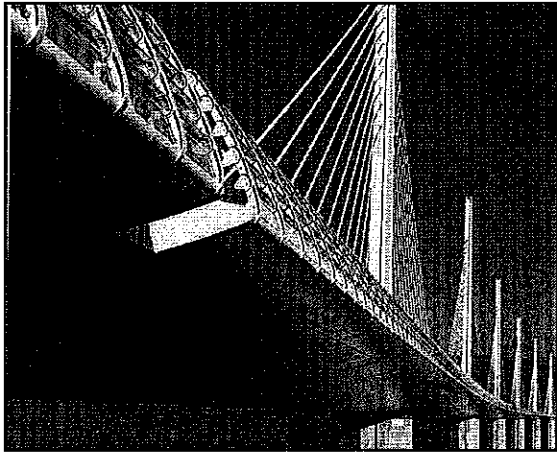


圖 26

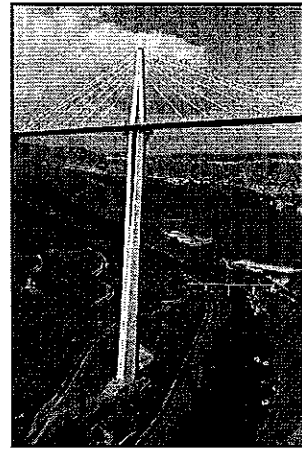


圖 27

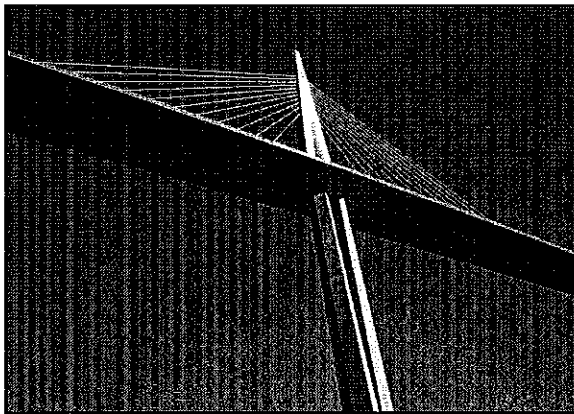


圖 28

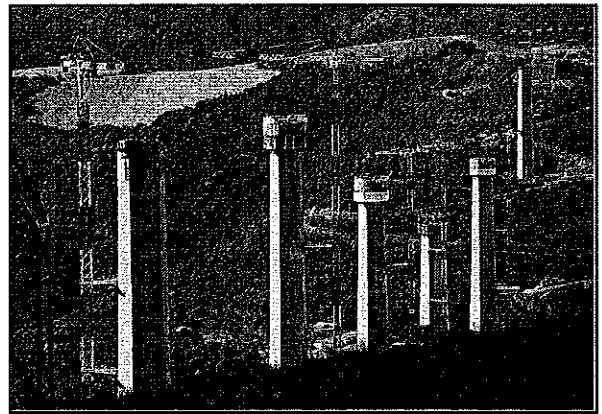


圖 29

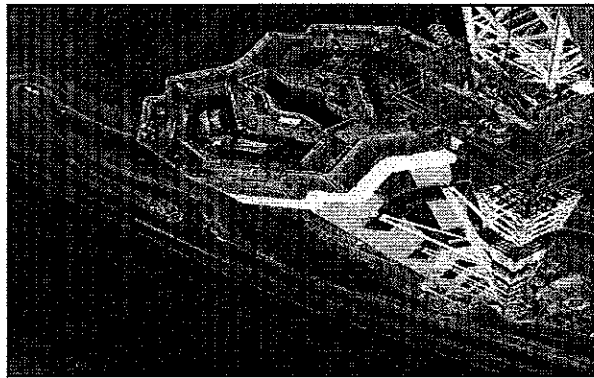


圖 30

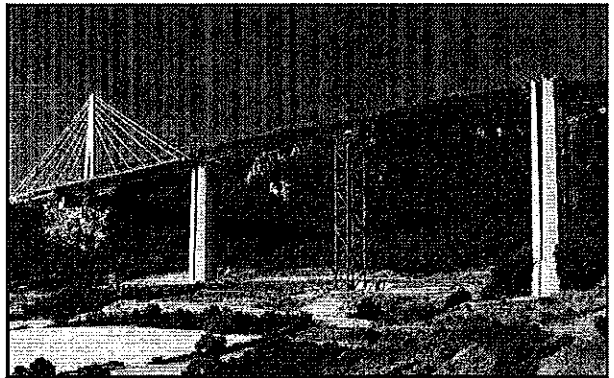


圖 31



圖 32

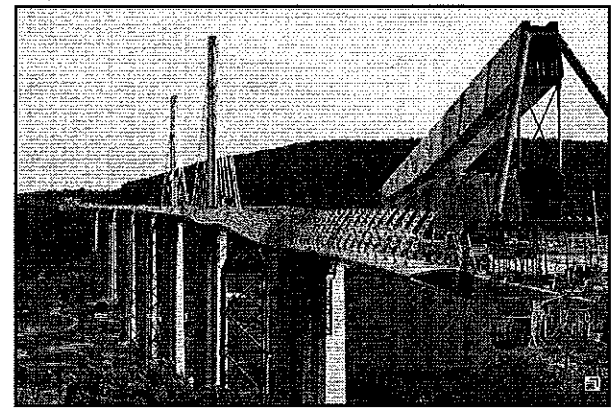


圖 33

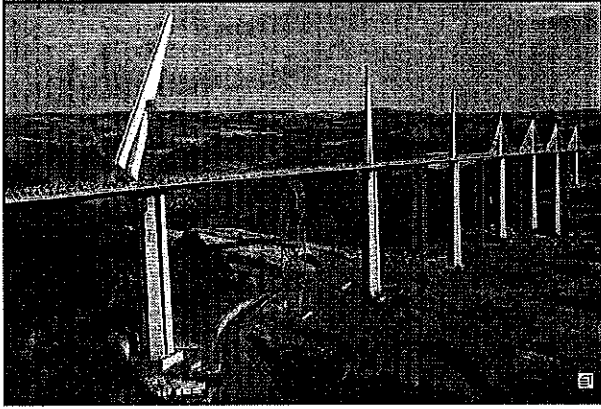


圖 34

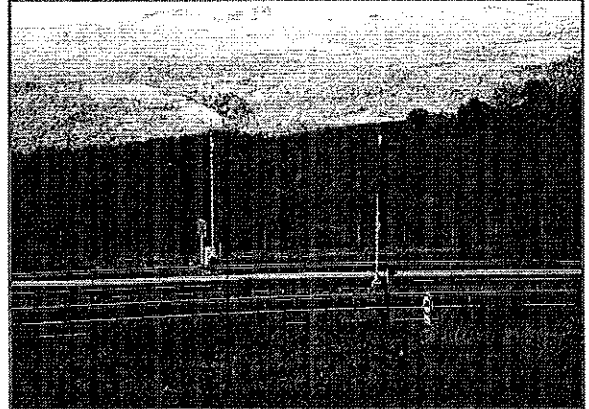


圖 35

四、考察橋梁之現場維護情況

2 月 15 日 08:00~20:00

在本次行程中為瞭解法國橋梁之實際養護情形，曾參觀多座橋梁，其中與維修補強有關之主要橋梁介紹如下：

1. 跨羅亞爾河之老舊 RC 拱橋

羅亞爾河(Loire)是法國中部最主要河川，有不少跨河橋梁，包括較屬舊式之石拱橋、RC 拱橋，以及較屬現代之懸臂施工預力梁橋、鋼拱橋、鋼桁架橋，如照片 14，其中位在銜接 A10 高速公路編號第 16 號匝道出入口之連絡道上，有一座年代較久遠之 RC 拱橋，照片 15、16，該橋因屬老舊橋梁，其結構與材料都有老化情形，例如有白華情形，及在主梁、橋面版底部與拱圈都可看到局部斷面有混凝土剝離、鋼筋銹蝕情形，如照片 17~19，但亦可看到本橋曾經多次修護補強，且在河中橋墩基礎亦設有低矮之鋼板樁圍堰保護，如照片 20。就老舊混凝土橋梁而言，本橋之維護尚屬良好。而其所採用之補強方式，除有我國橋梁遇到斷面缺損時所常用之水泥粉刷修補工法，如照片 21、22 外，該橋之部份主梁尚配合原本之 RC 結構，採用 RC 擴大斷面之補強方式，將主梁下緣之斷面擴大，以補強其彎矩強度和增加主梁斷面勁度，一般採用此種方式時，兩新、舊混凝土間之介面常不易結合良好，但本橋由外觀看尚無分離現象，如照片 23、24。

2. 巴黎市區跨塞納河之鐵路橋

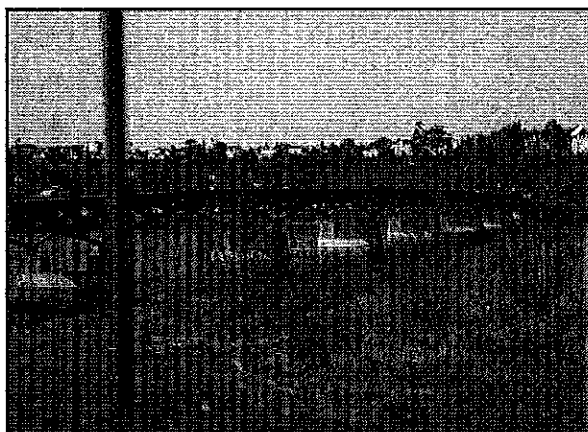
本橋梁是位在巴黎市北郊之一座鐵路跨河橋如照片 25，為一座鋼筋混凝土結構，其中部份主梁為增加強度，於主梁底部採用增設鋼板之補強方式，來增強其抗彎

矩強度。另主梁之混凝土保護層剝離部位，是先以油漆塗裝方式進行保護，以防止外露鋼材續繼腐蝕，如照片 26。

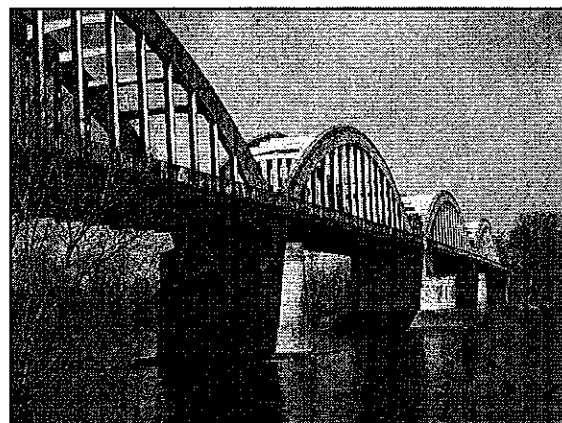
3. 跨河鋼橋之塗裝維護方式

在巴黎市區之跨河橋中有不少是採用鋼結構，如照片 27 與 28，甚至有不少是上百年歷史之鋼橋，而在所見之各鋼橋中均甚注意油漆塗裝之維護，極少發現有生鏽腐蝕情形。

塗裝顏色之處理方式略與我國不同，我國整座橋梁常採用同一顏色之油漆，以利採用噴漆方式塗漆，使可節省人力，但巴黎鋼橋似為顯現鋼橋之斷面變化，和增加輕巧與細緻感，對鋼梁之翼板與腹板常採用不同油漆顏色，如照片 29，此方式至少有部份部位須採用人工塗刷，而法國雖人工工資較貴，但為增加構材之色彩變化與突顯景觀較果，似仍願意採用較貴之人工塗刷方式。



照片 14



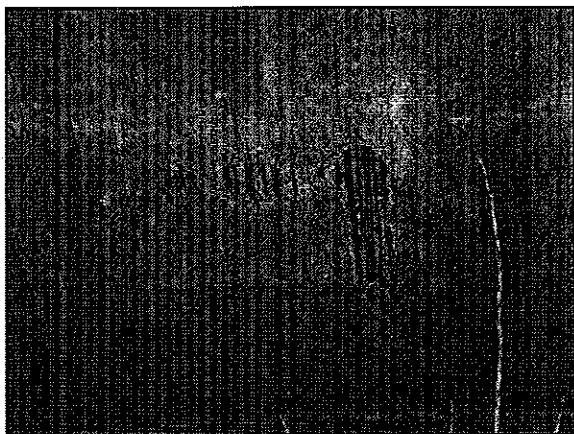
照片 15



照片 16



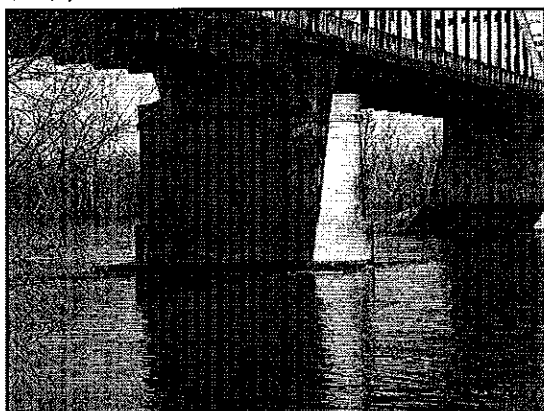
照片 17



照片 18



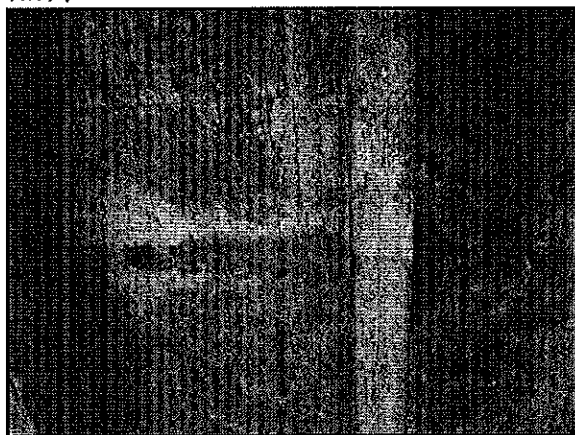
照片 19



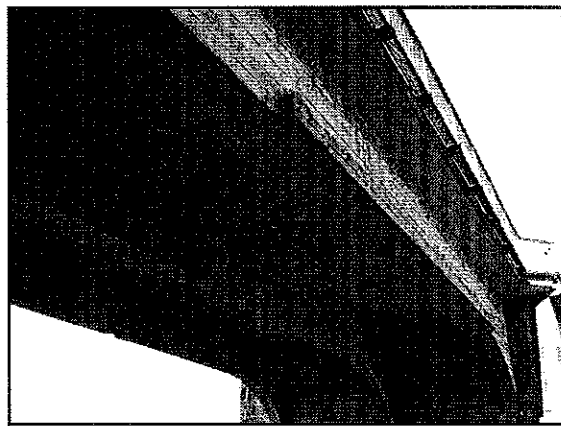
照片 20



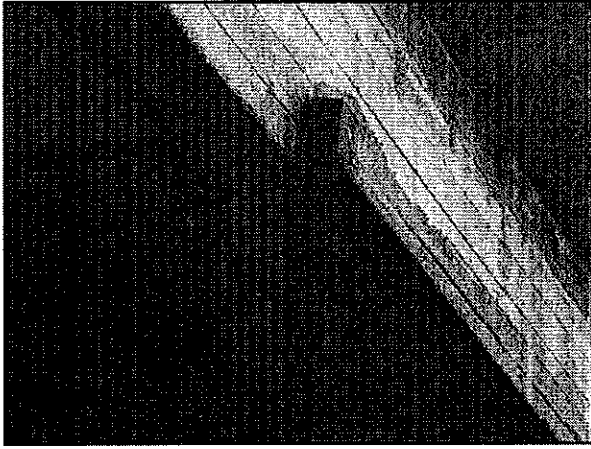
照片 21



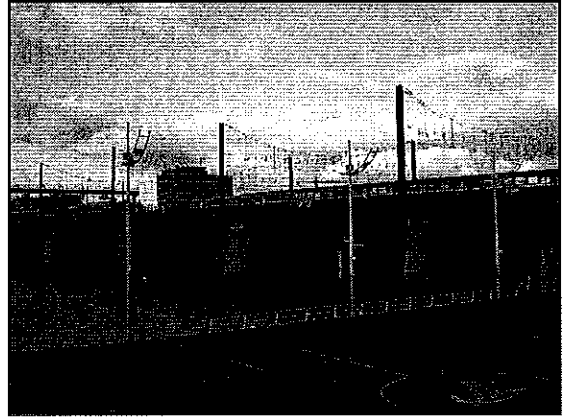
照片 22



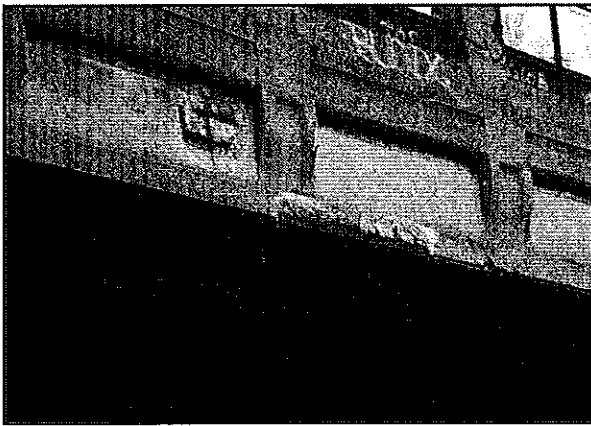
照片 23



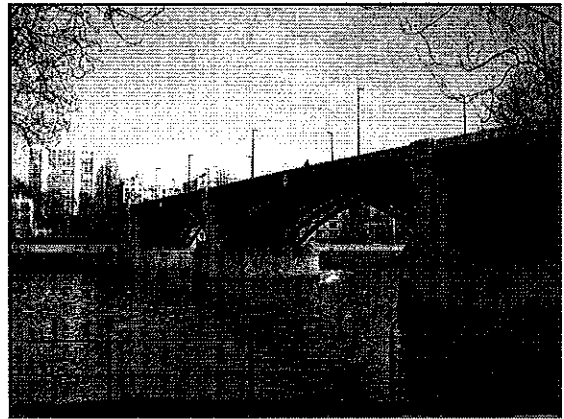
照片 24



照片 25



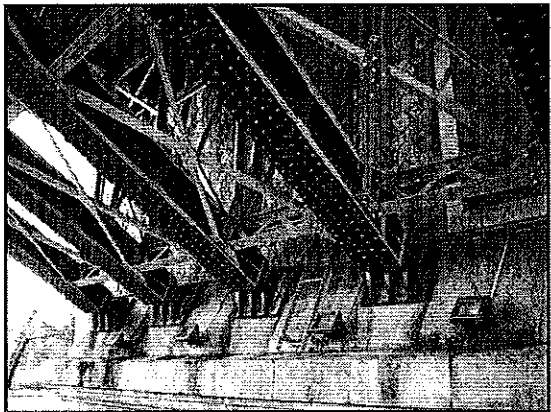
照片 26



照片 27



照片 28



照片 29

五、拜會 Freyssinet 公司橋梁系統驗證實驗室

2 月 16 日 06:00~20:00

本日行程由法西耐(Freyssinet)公司集團的子公司 Advitarn 公司安排到其生產預力夾頭的工廠及試驗室參觀，此一工廠位於 Le Creusot，由巴黎之里昂(LYON)車站搭乘約 80 分鐘的 TGV 高速鐵路方可到達。早上 9:30 左右抵達 Le Creusot 小鎮的工廠時，很驚訝地發現公司門口的旗桿上升起了中華民國國旗，如照片 30，可見他們對我們訪問的重視。

法西耐公司與 Advitarn 公司皆屬於法國最大之營建公司 VINCI 集團。法西耐 Freyssinet 是預力結構系統的發明者，此次訪問可以參觀其生產重地，誠然十分難得。本日參訪內容（如下表）。

	專題報告	主講人
1	Infrastructure management solutions	<i>Gilles Hovhanenessian</i>
2	Introducing the Freyssinet groups in France	<i>Vanessa Buchin-Roulie</i>
3	Site Visit	<i>David Willson</i>



照片 9

座談會首先由 Freyssinet 公司的 Vanessa Buchin-Roulie 女士報告了該公司在結構劣化損傷的診斷步驟、方法以及修補技術。內容十分詳盡清楚，其基本的概念與作為與目前台灣所考量及研發的極為相似。法西耐公司在 2006 年的營業額約有 6 億 1 仟 900 萬歐元，其中之 1.5% 用於該公司之研究發展(R & D)，而研發費用中之 60% 用於結構工程，29% 用於預拱結構，11% 用於土壤改良相關之預力技術。綜觀而言，這 928 萬歐元的研發費用所創造的產值是相當可觀的。

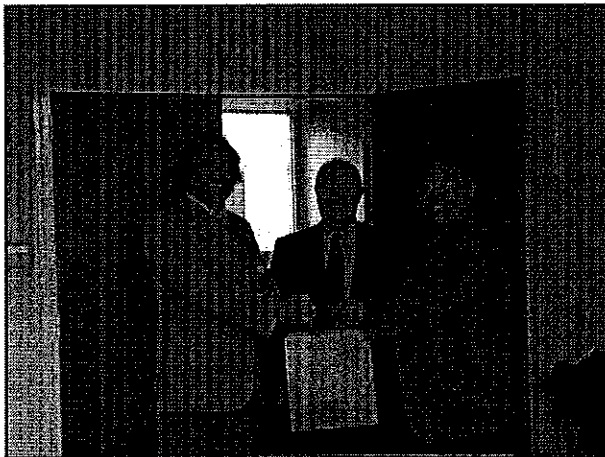
Advitam 公司則介紹了他們在結構檢監測的一些先進技術。尤其是預力結構中混凝土的現有預應力，螺桿中之殘餘應力量測技術都是十分有特色的方法。老舊結構的檢監測與診斷，是全世界的土木工程界所關切的課題，Advitam 公司所研發的多項技術均在世界的前端。Advitam 和 LCPC 有相當密切的產學合作關係，在此次訪問中可看到許多由 LCPC 開發的技術皆由 Advitam 去作後續的改良及商品化，此一模式可作為我國日後發展土木工程先進科技的參考，此外，我們或許可直接與 Advitam 公司合作研發本土所需之檢監測技術，並將成果透過 Advitam 體系推廣至世界其他國家。在與 Freyssinet 及 Advitam 公司的代表討論完畢之後，即由工廠的主任 David Willson 引領參觀預力夾頭與固定座的生產線及品管檢驗的設備。

由於預力端錨等固定設施之品質對橋梁安全有重大影響，若無法達成有效且長期

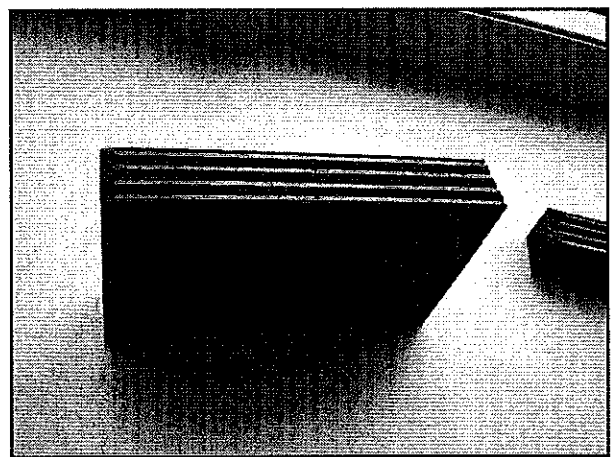
之錨定，將嚴重影響預力橋梁之強度，故各預力公司為確保其產品之品質，均甚重視產品生產過程之驗證與品管，並訂有嚴謹之管理系統。

目前各預力公司之驗證作業基本上是依照 Eurocode 規範，尤其注意端錨各部構造尺寸與產品精度之控制。照片 34 所示為製造中之預力夾片，其中最右側之兩個夾片是先將鋼管截斷、車芽階段；中間兩個是進一步沿軸向切開，但各片間尚未分離；最左側則是將已切開之夾片，以撐開方式分成獨立三片，每一過程均訂有檢驗程序，尤其是對夾片內之螺紋尺寸和外部形狀尺寸，以使各夾片能與內部鋼腱和外側錨錐充分塞緊，不致產生任何些許滑動。除夾片外，為使端錨之各部位能緊密結合。

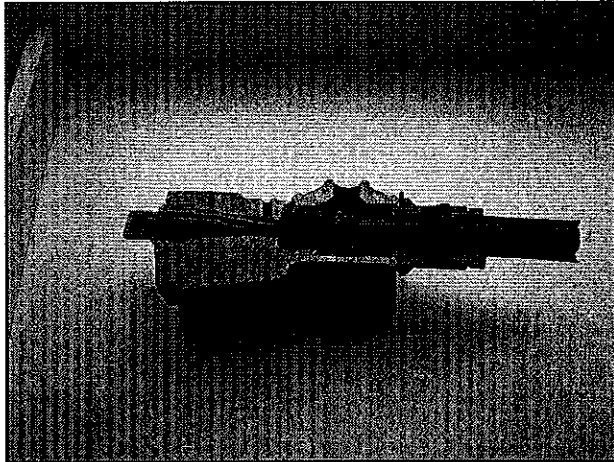
另外側錨錐亦須注意精度控制，對此亦有嚴謹之驗證與品管方式，尤其大型錨頭，例如用於固定斜張橋鋼索之錨錐，此種錨錐因須配合施工時之預力導入方式和原結構設計所預留空間，故須專業廠商辦理細部設計。當時現場正在製造一 91 股、每股有 19 束、每束 12 支 12.7mm 之錨頭，此種大型錨錐大都採用螺栓式施轉錨定方式，其螺牙尺寸均須經過如圖 36 相似之驗證方式，以精密儀器量測各螺牙之尺寸偏差，來控制精度。這些夾頭螺紋及固定座錨定孔之幾何形狀與定位的自動化技術，未來在台灣，土木界應可與中科院或工業院合作開發。以建立我們對本土生產的預力系統零件的品質檢定技術與能力。



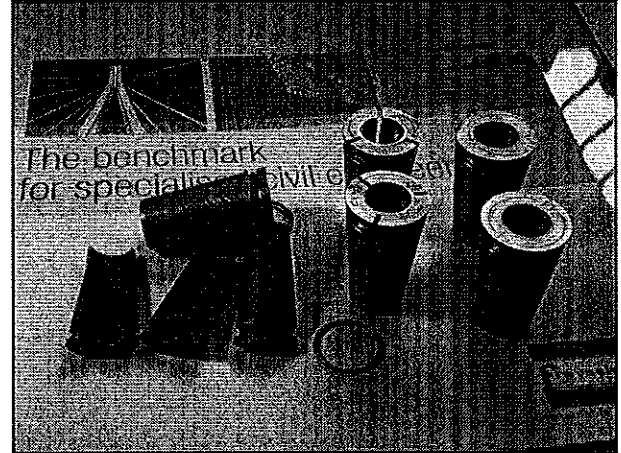
照片 31



照片 32



照片 33



照片 34

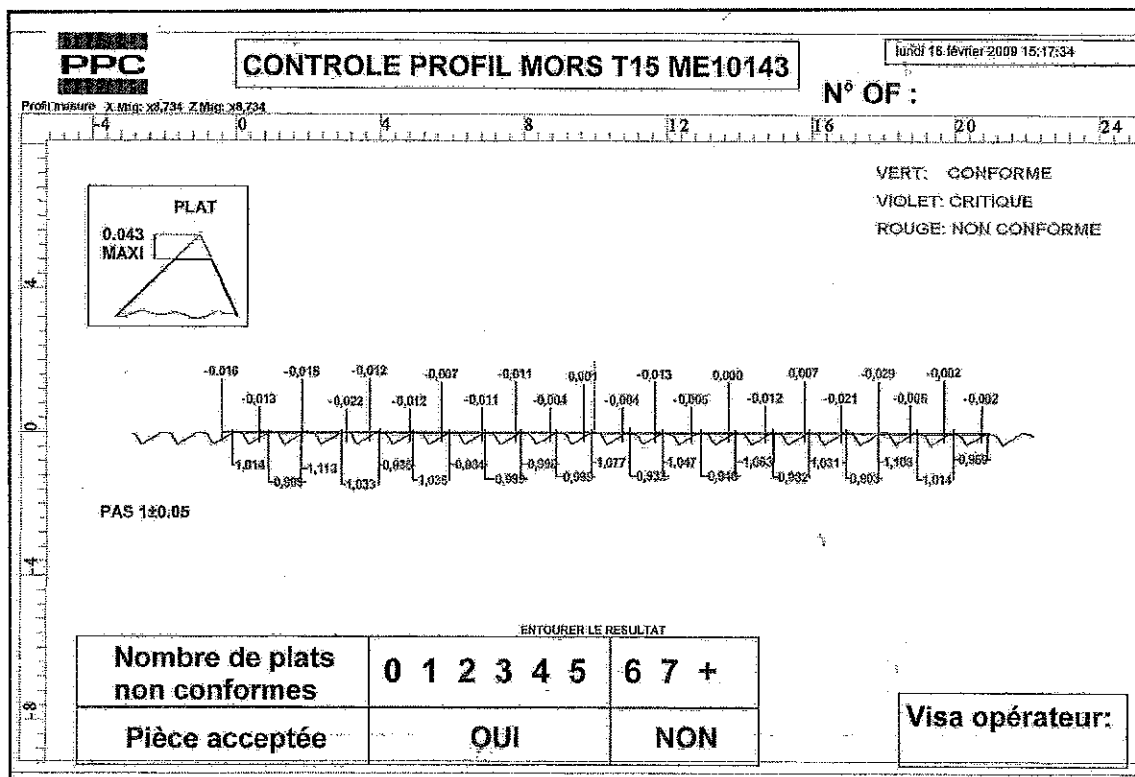


圖 36

六、拜會 VSL 總部 Challenger 及參觀 Le Defence Renovation Privee CB31 大樓改造工程

2 月 17 日上午 9:30 ~12:30

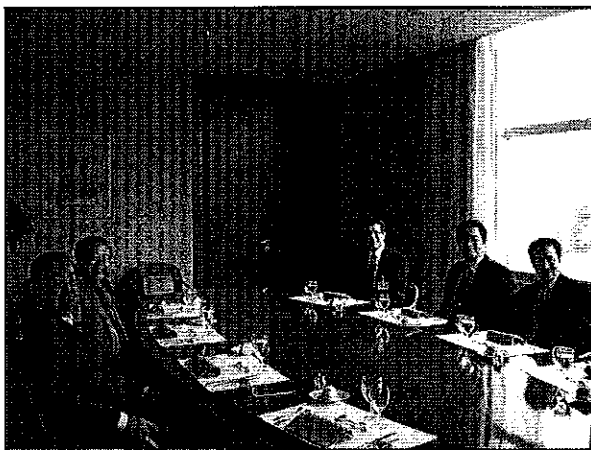
今日上午到 VSL 的總部 Challenger 參訪，VSL 公司屬於法國另一最大的營建集團 Bouygues Group 所有，此一集團的業務包含營建、道路、房地產、電訊、媒體、電力等，而 VSL 則是 Bouygues Group 中的子公司。Bouygues 先生為一土木工程師，

他要求他的集團成員永遠要接受挑戰，所以將其集團總部定名為 Challenger。任何初訪 Challenger 的人皆會為其壯觀氣派漂亮的白色城堡般的現代化建築所震懾，內部的佈設則是如五星級飯店一般，可想像在此環境中工作的成員其自我要求應是有別於許多一般公司的。創辦人 Bouygues 先生發展事業具有十分獨特的風格及眼光，對公司的成員的要求十分之嚴格，他有條戒律那就是當員工發現任何會影響公司業務發展的瑕疵時必須立即呈報，否則日後產生問題檢討後才發現則絕不寬貸，若直屬長官不聽建議去作適當修正，則可越級呈報。初聽之下似乎有違行政倫理，但是此一方式在 Bouygues 已行之有年。

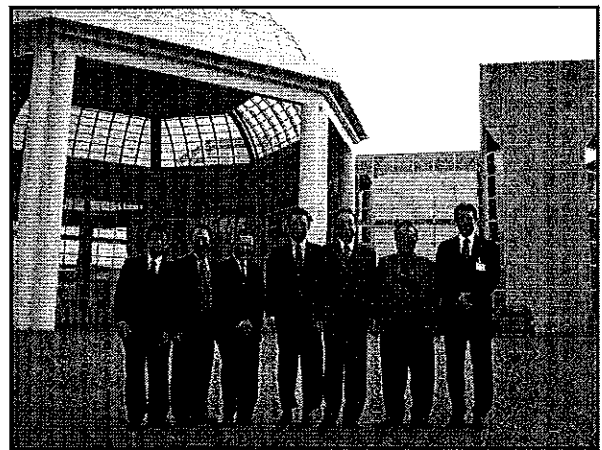
接待我們的是 VSL 公司的執行副總 Hans R.GANZ 博士，及技術主任 Lucien BOUTONNET。GANZ 博士是國際混凝土結構聯盟 *fib*(federation internationale du beton) 的前任主席。座談簡報內容為（如下表）

	專題報告	主講人
1	Presentation of VSL and Bouygues Groups	<i>Hans Rudolf Ganz</i>
2	<i>fib</i> introduction	<i>Hans Rudolf Ganz</i>
3	European Construction Directive and EOTA	<i>Lucien Boutonnet</i>
4	Bridge strengthening and repair	<i>Lucien Boutonnet and Hans Rudolf Ganz</i>

照片 35 與照片 36 是分別與參訪單位座談與在 VSL 公司總部合照照片。



照片 14



照片 15

VSL 在德文是 Prestressing System Load 之意，VSL 公司 2007 年的營業額是 2 億 8 千萬歐元，目前有 2900 位員工，全世界有 34 個分公司，在西班牙及中國各有一工廠，在瑞士及新加坡則又各有一技術中心。每年投資在研發的費用約是 300 萬歐元。其業務內容有橋梁、建築、組體結構、大地工程及工業設施等，其中橋梁工程佔了研發費之 20%。

在介紹過 VSL 公司之後，GANZ 博士又對 *fib*(international Federation for Structure Concrete)組織作了詳細之介紹。此一組織是 1998 年合併歐洲之國際混凝土委員會(CEB)與國際預力聯盟(International Federation for Pre-stressing, FIP)而組成。目前有 37 個會員國，700 位個人會員，170 位合作會員。組織內有 10 個委員會(Commissions)及 40 個工作小組(Work Group)去發行相關之規範、準則、建議及技術報告等刊物(Bulletins)。*fib* 除定期發行 Structural Concrete 等多項期刊外，其主要工作為編定各類結構混凝土之 model code 及對混凝土工程提供相關技術手冊，目前歐洲有關預力混凝土工程之設計、施工、產品管理，大都是依 *fib* 所訂定之規範或技術手冊辦理。我國據說亦曾經是會員，但後因會籍名稱及會費太貴等因素而未持續參與。*fib* 的刊物(Bulletins)的內容豐富可看性頗高，日後實應恢復會籍，並有效地汲取其出版品的新知，透過國家橋梁中心的機制有效地提供給國內工程人員參考。

在此日的討論中另一項十分特別的議題則是關於營建產品的技術性與安全性的認證體系(approval body)與授證體系(certificate body)的問題。歐盟對於土木建築營建產品必須確保其在設計與施作時對人員、當地動物、財產等不會造成危害，因此有 6 項必要條件，

- (1) 機械的抗力及穩定性
- (2) 火害時之安全
- (3) 衛生、健康及環境
- (4) 安全地使用
- (5) 噪音之避免
- (6) 節能與保溫

任何產品必須符合歐盟橋梁(European Standards)並獲歐洲技術認可組織(European Organization for Technical Approval, EOTA)的核可。例如其中 ETAG013(Guideline for European Technical Approval of Post-Tensioning Kits for Prestressing of Structures) 就是針對預力結構之後拉預力組件的技術準則。在一準則中要求任何產品必須透過一認證體系(approval body)的認證及授證體系(certificate body)的檢核其操作情形及證明其規範的符合度才可以正式使用。以上這種土木工程技術的認證及授證體系，對一國家工程建設的品質與安全性的保障至為重要，台灣土木工程界及政府單位，實應深入研究其細節並於國內建立其機制。

2 月 17 日 14:00-17:00

本日下午 VSL 公司特別安排我們參觀 Bouygues Construction 下的建築事業部(Bouygues-Batiment)的大樓結構改造補強工程，此一工程的特色是將一於 1974 年左右建造的大樓，作徹底地改造，其中包括加高一側翼樓層，切削另一側翼樓以及增加樓板面積等，讓一老舊之大樓變為具有現代化的外觀及內部設施的回春再生建築，這其中所引出的理念及改造技術對其他各國又是一種啟發與引導。

1. 改造補強內容

本大樓位於巴黎市區新凱旋門附近，稱為 Renovation Privee CB31 大樓改造工程，原有大樓已完工約 35 年，本次改造是要將原方形大樓外觀之屋頂各樓層部份打除，且愈往上層打除面積愈多，使頂部各樓層外形呈現退縮狀，並將打除之樓地板面積，往上增為新樓層，使原為 40 層大樓改為 50 層，樓高由 155m 增為 218m，如圖 39；原大樓平面結構系統是將外柱設在各層樓版外側，僅柱之內側面與樓版連接，本次改造工程是以擴增樓版方式，將樓版外緣擴增至柱外緣，增加外柱與樓版連接範圍，如圖 40，以使每層樓地板面積增加，並可將窗戶外移，增加採光面積，減少人工照明需求。有關本大樓改造前後之外觀比較如圖 37 所示。

另外，亦配合改造各樓層中央核心區之樓梯與電梯配置，以及增強結構牆等工作，其相關工程內容如圖 38 所示。此外並加強與補強一樓以下樓層之結構系統，以增強大樓之強度，因本改造工程將使全大樓之風作用力增加 20%、垂直重量增加 117,000 噸。

2. 改造工程之施工

本改造工程是自 2006 年初開始規劃，歷經基本設計、細部設計、施工階段等三個歷程，預定今年(2009 年)中完成結構改造與補強工作，其後，將再進行建築裝修、機電工程，全部工作預定於 2011 年中完成。

本工程結構體之改造補強工程是由 Bouygues Betiment 公司施工。其中，屋頂層以上擴增部份大都採用鋼結構，如照片 37 所示；另照片 38~40 為將樓版由柱內緣線擴增至與柱外緣線對齊之施工支撐架、柱體植筋與配筋及完成部份。配合施工環境，本工程各部位之鋼筋均是先綁紮成鋼筋籠後再吊至現場施工，如照片 41；另本工程外側施工架如照片 42 情況，並未支撐到地面層，以方便地面層與地下室部分之施工，並可使較不影響一樓平面層之現有人潮。照片 43、44 為本次參訪時之照片。

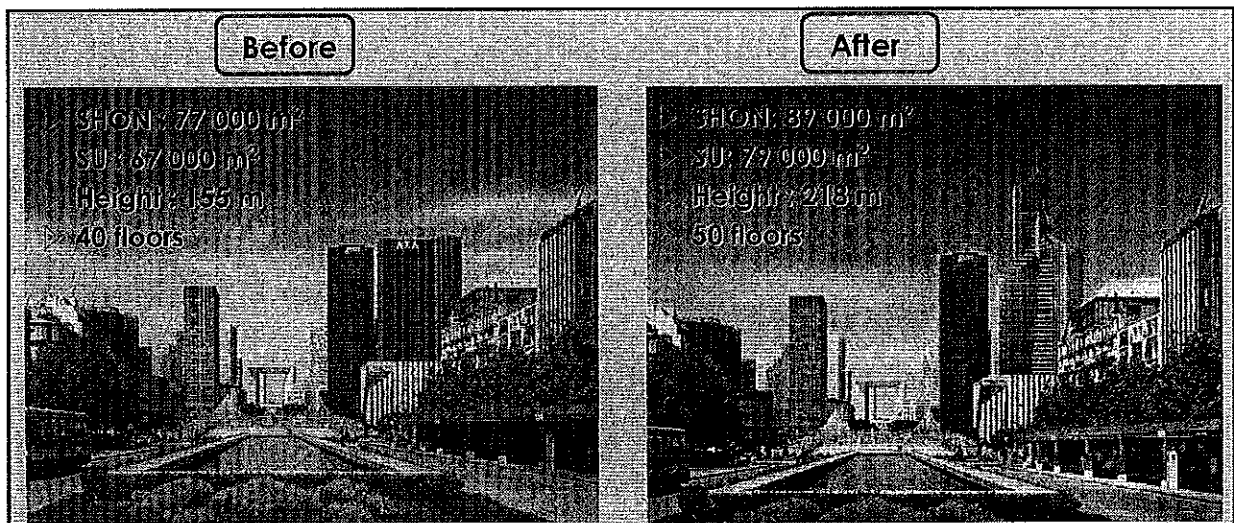


圖 37

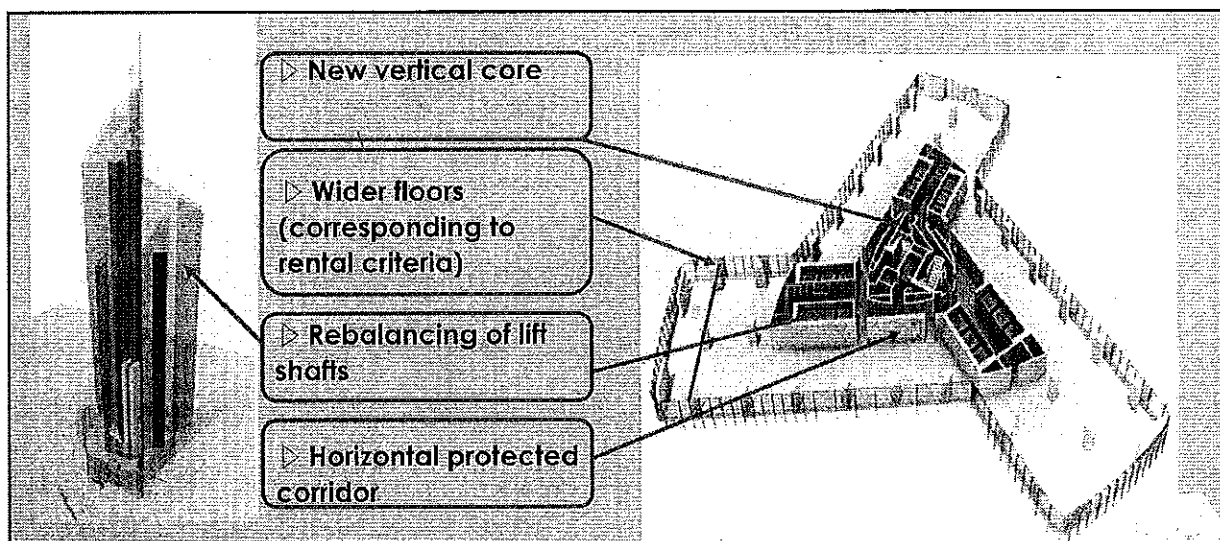


圖 38

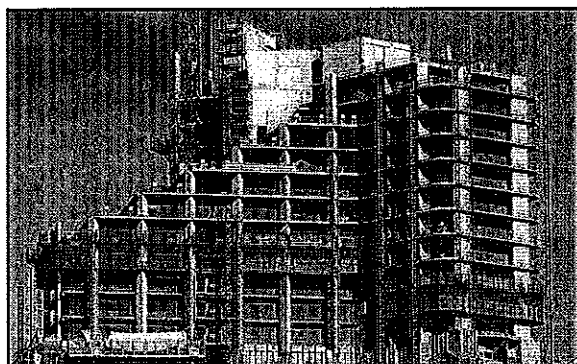


圖 39

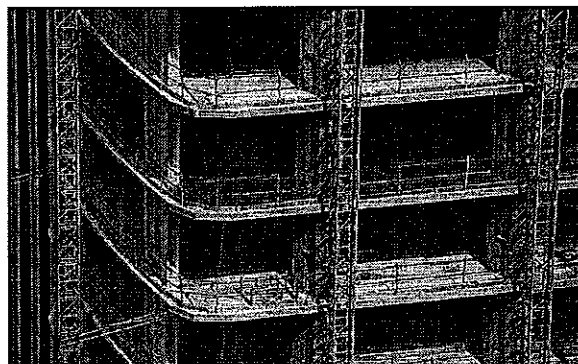
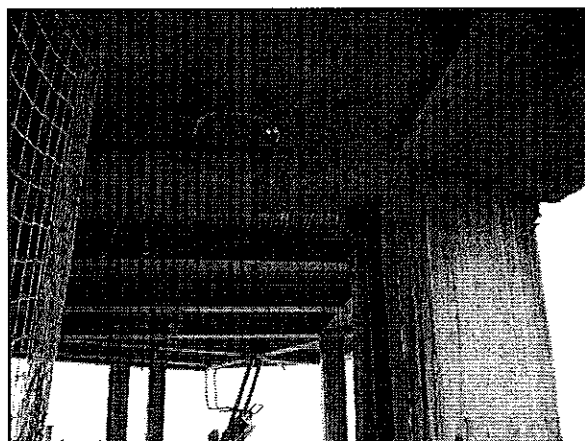
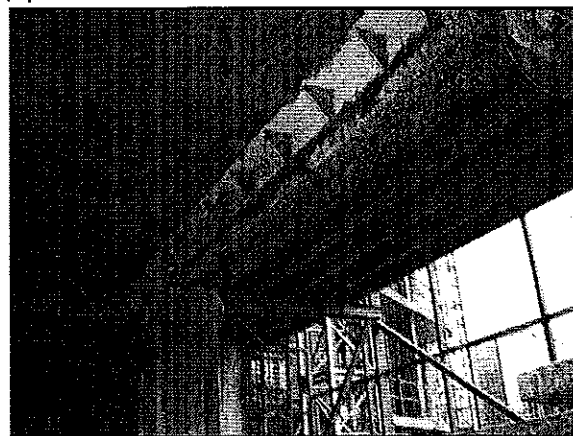


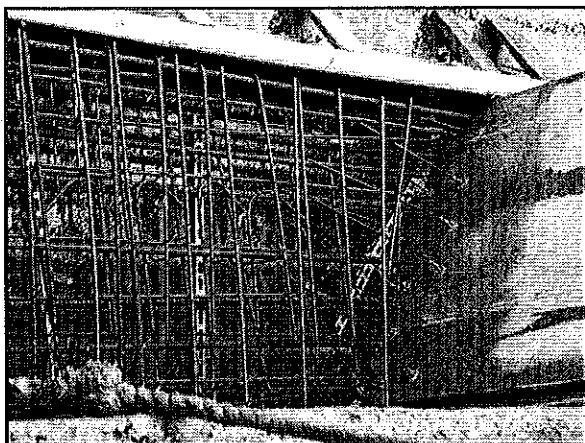
圖 40



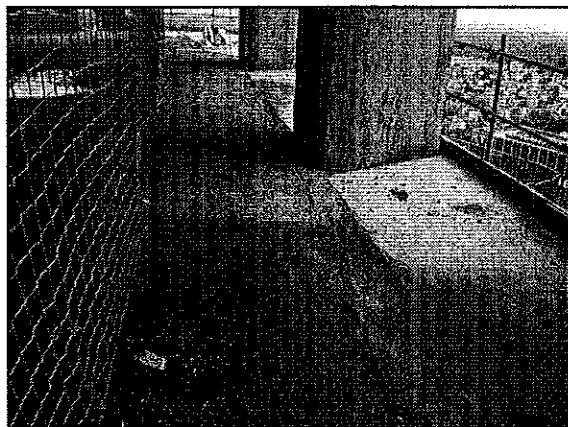
照片 37



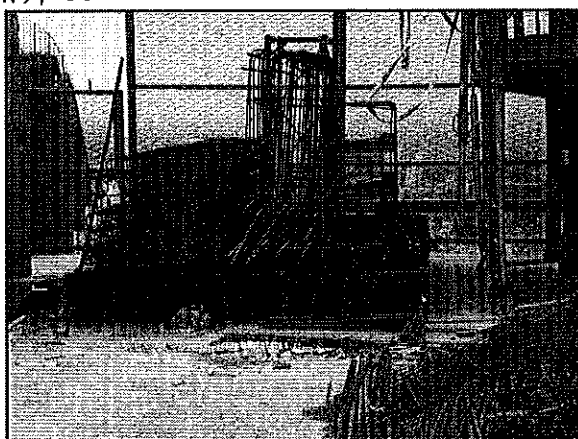
照片 38



照片 39



照片 40



照片 41



照片 42



照片 43



照片 44

七、拜會 VSL 總部 Challenger 及 ETIC 技術研討

2 月 18 日 09:00-12:00 拜訪 VSL 總部 Challenger

本日上午再到 VSL 的總部 Challenger 與 GANZ 博士繼續會談。GANZ 博士安排了 Damage 先生向我們報告 VSL 公司所發展的預力結構系統相關的監測技術。(如下表)

	專題報告	主講人
1	Structural monitoring	Jean-Baptiste Damage
2	Durability and monitoring of PT tendons	Hans Rudolf Ganz

預力工法是先要於結構體上施加應力，因該應力大小關係結構體之承載強度，因此所加之預力是否能確實與有效的導入至結構體內甚為重要，須要正確量測，而一般從事預力工法之公司，亦配合此等量測方法與預力量控制裝置，發展出相關之監測與預警方法，包括監測所需之設備、儀器和軟體程式，可供量測各種結構體之應力量與變形量，甚至是鋼材腐蝕情況，目前已應用在地錨擋土結構與各式橋梁結構，且亦有成功提供有效預警之案例。預力工法基本上是由結構體之外側導入力量，以增進結構體之受力能力，故預力工法亦可應用在對既有結構之補強工程，利用事後導入之預力來提高強度。目前各大型預力公司亦都在研發，如何應用預力工法來進行補強工作。

GANZ 博士亦與我們深入討論了有關預力結構的耐久性問題，其中後拉預力的灌漿(Grouting)技術是保障預力鍵不銹蝕的重要防線之一。VSL 公司在泰國有一訓練預力施作技術的學苑(VSL Academy)有一系列對工人、領班及工程師的完整課程，未來台灣的橋梁科技中心應可協調勞委會引入 VSL 的課程，辦理預力構件施作的職業訓練以提升台灣目前在此一領域的技術水準。VSL 公司在預力結構系統的專業技術與能力應是我們日後應積極與其請益交流的單位。

2 月 18 日 14:00 ~17:30

下午於長榮桂冠旅館的商務中心聆聽了法國 ETIC 公司產品的介紹簡報，該公司長期參與台灣高鐵工程，使用許多防震的消能器與高控力鋼棒的產品，其中有許多技

術源自於法國的軍事科技，是家具有特色的小型廠商。其簡報內容及主講人如下：

專題報告內容	主講人
特殊預鑄帽梁工法與預力鋼棒在橋梁維修補強工作之應用。	Jean Marc Verplattse
隔減震設施在橋梁工程之應用。	Fred Chrief

1.特殊預鑄帽梁免支撐工法之發展

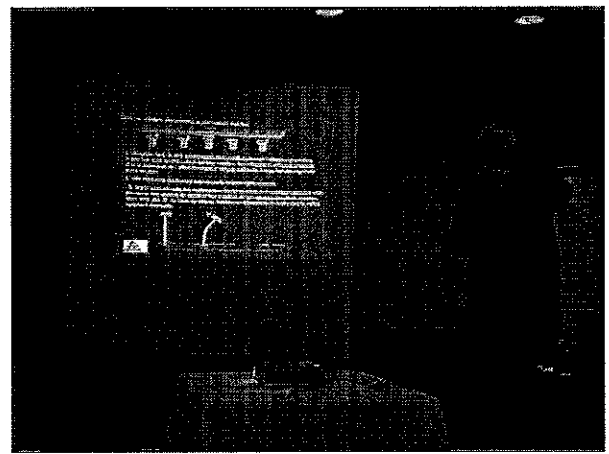
ETIC 公司是以該公司在杜拜捷運工程為例，說明該工程為使施工快速，且因當地有拖車載重不得大於 100 噸之限制，並因帽梁設計造型甚為複雜，故規劃採用此種工法。該工法如圖 5 所示，是先預鑄帽梁之混凝土結構外殼，再運到現場組裝，並利用特殊接合做為模板支撐，後再澆置內部混凝土。本工法不但無預鑄結構體之接合介面不連續問題，且可達到快速、節省費用之目的。

2.隔減震與相關預力鋼棒之發展

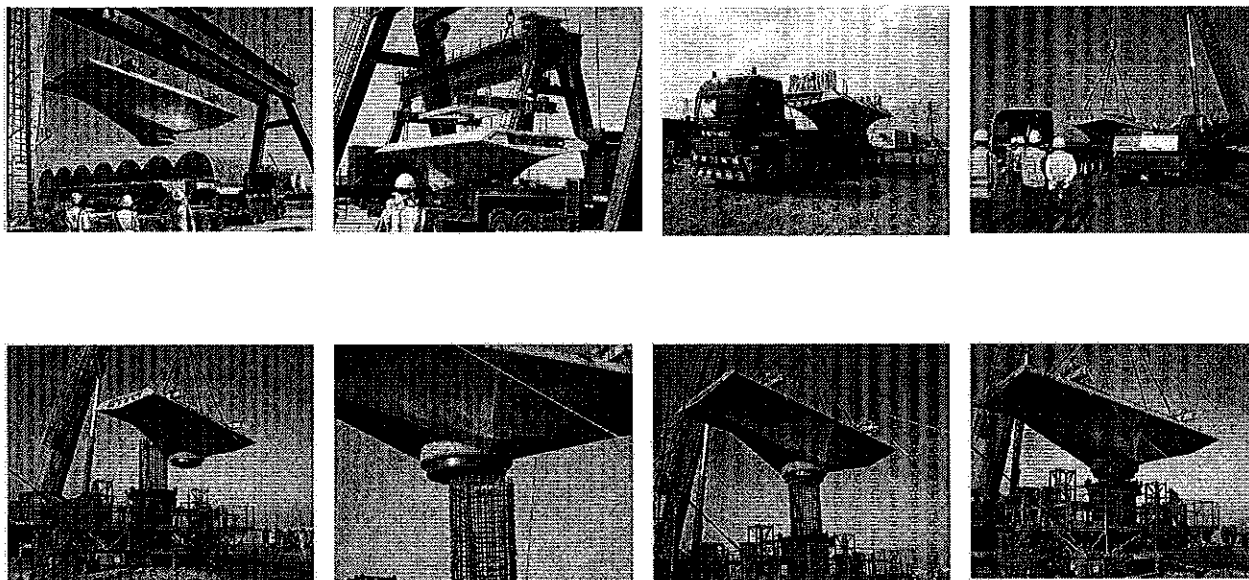
ETIC 公司除說明新近開發之隔減震技術外，該公司亦開發可利用特殊之高週波熱處理方式，來鍛製預力鋼棒之錨頭與加工，使可不須再以車芽方法製造預力鋼棒，而使預力鋼棒能具有更大之展延性，可利用於橋梁補強工作與隔減震設施。該材料亦曾使用於我國高鐵橋梁，其相關使用情形如圖 41、42。



照片 45



照片 46



Pier caps transportation and installation

圖 41 特殊預鑄帽梁工法之使用

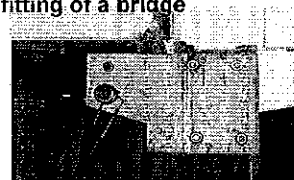
Reinforcement with postensioned bars



Paris – Ilot Mazas – reinforcement of columns with bars



**Taiwan – High Speed Rail
retrofitting of a bridge**



**Paris -
repairing of a
column**

圖 42 鋼棒在橋梁補強工柱之應用

肆、法國橋梁管理與技術研發體制

一、法國橋梁管理體制

法國的公路分成四個等級，分別為(1) 國道(National Rods)約 11 800 km，(2)特許收費道路(Conceded Toll Motorways)約 8 000 km，(3)次要或部級道路(Secondary or

Departmental Roads) 約 360 000 km), (4) 社區道路(Communal Roads) 約 600, 000 km。法國目前共有橋梁約 233, 000 座, 橋梁的管理者分別為:

And also . . .
Handling lateral obsolescence on main roads in open country
Traitements des obsolescences latérales sur les routes principales hors agglomération
ICTADL - National Instruction on Technical Design Requirements for Rural Motorways
ICTADL - Instruction sur les conditions techniques d'aménagement des autoroutes de liaison
The design of interurban infrastructure for major roads - Aménagement interurbain des infrastructures
Aménagement des carrefours interurbains sur les routes principales - Carrefours plans

Notices
Heavy Goods Vehicle Overloading Index - Some information on axle decision-making
Indice de surcharge des poids lourds de 40 tonnes - Effet des décisions à la décision
Nature 2000 - Impact assessment principles for land transport infrastructure
Nature 2000 - Principes d'évaluation des incidences des infrastructures de transport
Calculation of the level of chronic pollution from motorway networks
Calcul du degré de pollution chronique des axes de circulation issus des plates-formes routières
Engineering early life - Skill as a system - The vehicle insurance process
Assurance des véhicules en jeune âge - Processus de mise en circulation
Understanding the principal geometric design parameters for roads
Comprendre les principaux paramètres de conception des routes
Record of road and plate pollution - Niveau de pollution
Calendrier des charges de pollution chronique des axes de circulation

Soon available
Road pollution - Calculation of water resources
Pollution routière - Conception des ouvrages de traitement des eaux
Transportation of products - Characteristics of perpendicular and transportation capacity
Transport de marchandises - Caractéristiques de l'effort et capacité des modes de transport
European 2 - Application to concrete highway bridges
Europe 2 - Application aux ponts en béton
Roadworkings and preservation of winter environments - Environment management and technical solutions
Classement routier et préservation du milieu hivernal - Management environnemental et solutions techniques
Fixed element loading - Use of bridges, viaducts and similar structures
Appareil d'appui fixe - Utilisation sur les ponts, viaducs et structures similaires
Blasphemous loading - Use of bridges, viaducts and similar structures
Appareil d'appui à pont - Utilisation sur les ponts, viaducs et structures similaires
Line requirement of roads meeting circularity index - Application to the implementation of projects
Indicateur des ponts à la charnière ou au non-hydrodynamique - Application à la réalisation des axes de circulation

Prochainement
SRM: User Safety on Existing Road
1 - Prescriptions and management
2 - Road safety rule on existing roadworks
3 - Management and various guidelines
4 - Application and implementation
SRM: Security of passage on the existing road
1 - Protection and management
2 - Road safety rule on existing roadworks
3 - Management and various guidelines
4 - Application and implementation



février 2006

English Publications en anglais

36 avenue
 Antenne Blvd
 97 160
 97225 Basse Pointe
 France
 Téléphone :
 33 (0) 46 11 31 31
 Télécopie :
 33 (0) 46 11 31 35
 Internet : www.setra-equipement.gov.fr

Publications in English
<http://www.setra-equipement.gov.fr/en-english.html>

Sétra is involved in a willing policy to translate all documents that might interest the international road community.

Consultez :

La DTR (documentation des techniques routières françaises)
 • Internet : <http://dtr.setra-equipement.gov.fr/>
 • D (réseau interne) : <http://dtr.setra.fr>

Les sites web du Sétra
 • Internet : <http://www.setra-equipement.gov.fr>
 • D (réseau interne) : <http://intra.setra.fr>

Le Sétra appartient au Réseau Scientifique et Technique de l'Équipement



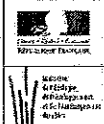


圖 43

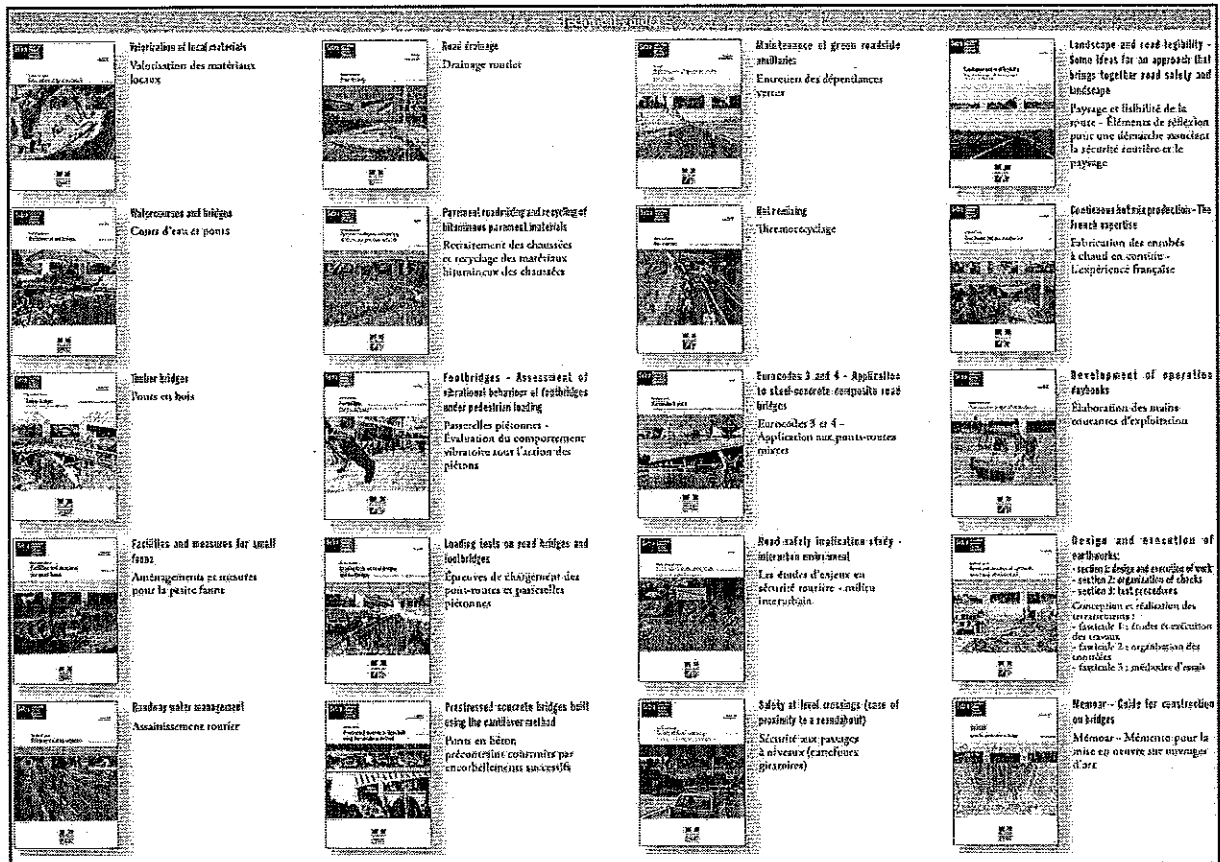


圖 44

管理者	橋數(座)
州(state)	10,000
縣(counties)	103,000
社區(communes)	122,000
快速路特許擁有者(motorways concession holders)	6,800
RFF(鐵路橋)	6,300
共計	233,000

整體的公路系統的營運由生態/能源/永續發展/空間規劃部(Ministry of Ecology, Energy, Sustainable Development and Spatial Planning, M.E.E.D.D.A.T.)之下的公共設施理事會(Directorate of Infrastructures)主管。其中公路基本設施的科技研發工作由 Directorate of Roads 的以下的四個單位負責:

- (1) LCPC (French Public Works Research Laboratory): (500 人)
- (2) Setra (Technical Department for Transportation, Roads and Bridges): (300 人): 設計及監控新的基本設施與既有基本設施的檢測評鑑。
- (3) CETU (Technical Center dedicated to Tunnels): (100 人)
- (4) Cete (7 regional public works engineering offices and 17 public works regional laboratories): (350 人負責橋梁)

整體公路設施資產維護管理的執行架構如圖 45 所示，

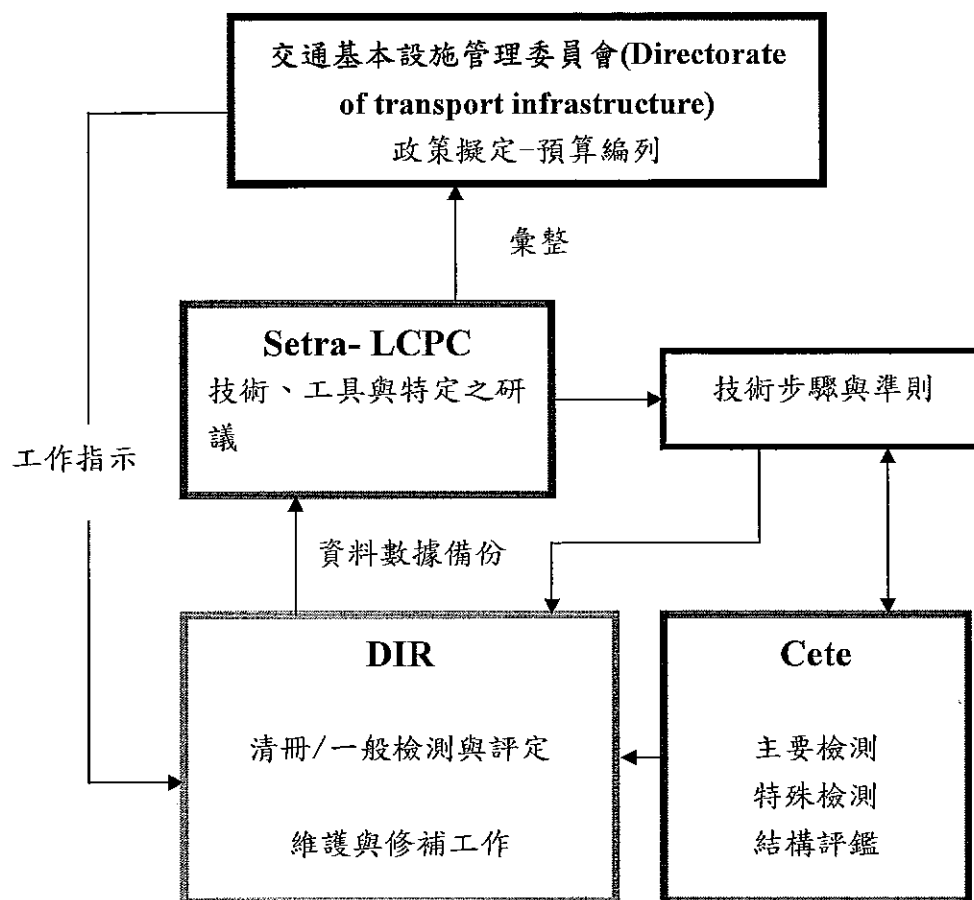


圖 45 法國公路設施資產維護管理的執行架構

Setra 是法國生態/能源/永續發展/空間規劃部(Ministry of Ecology, Energy,

Sustainable Development and Spatial Planning, M.E.E.D.D.A.T.)之下的基本設施/交通/海洋管理委員會下的技術單位，主要功能是負責橋梁與土木工程結構(70 人)；道路、運輸、道路營運與安全(110 人)；道路管理與營運之地理資訊系統與資料庫(40 人)等領域所需的知識(knowledge)與技能(know-how)如準則(guidelines)、軟體(software)、標準(standards)..等，並協助地方道路工程處解決工程問題，以及與其他單位進行交流(exchanges)、合伙(partnership)、網系合作(networking)等。因此 Setra 的任務為：

- (1) 協助及改善國家橋梁管理工作。
- (2) 透過技術規範、準則、設計評估軟體的研發、提供與協助各工程單位，改善土木工程結構的設計與品質。
- (3) 參與新標準規範的發展與應用。
- (4) 推動新技術與新發明的施行。

Setra 於橋梁相關業務的比例分配(623 人月)如下：

- (1) 大型橋梁的設計(119.5 人月(19.2%)，
- (2) 融合、交流與網系合作(95 人月 (15.2%)
- (3) 歐洲規範(Eurocodes)與標準化工作(99.9 人月(16.0%))
- (4) 橋梁設計與評定(assessment)軟體之維護與開發(120 人月(19.3%))
- (5) 橋梁管理與檢測(92.8 人月(14.9%))
- (6) 技術準則之研發(96 人月(15.4%))

LCPC(公共工程研究院)是隸屬法國政府生態/能源/永續發展/空間規劃部(Ministry of Ecology, Energy, Sustainable Development and Spatial Planning, M.E.E.D.D.A.T.)之下的另一單位。其業務範圍是與運輸基本設施有關的四大領域之研究工作：

- (1) 道路(Roads): 高速公路與智慧道路(intelligent roads)的設計、建造、維護與營運。
- (2) 工程結構(Engineering Structures): 設計、建造、維護。
- (3) 大地工程及自然災害(Geotechnical Engineering and Natural Hazards)。

(4) 都市工程(urban engineering)

LCPC 的任務為：

- (1) 執行技術方法的研究與探討：法國土木工程研究資源的 25%由 LCPC 使用。
- (2) 實地調查與提供顧問服務。
- (3) 督導部轄單位於公共工程的研究業務。
- (4) 落實法國科技的國際推銷與國際合作研究工作。
- (5) 傳播新知、規範與標準。

LCPC 的成果(Products)如知識、方法、軟體、量測裝置等將可供給公共部門、基本設施的業主或管理者、工程公司、建設公司、材料或設備製造商作為其業務拓展之用。

LCPC 之年度總收入約為 5400 萬歐元，其中源自州的預算佔 81%，自籌收入佔 18%，源自地方單位及國際組織的只有 1%。其人力資源分佈為：550 位專職人員，90 位博士生，透過研究網絡參與的人員約 150 位，60 位短期研究人員，100 位短期（～3 個月）之受訓者。LCPC 擁有非常特殊的研究設備，如在巴黎的結構實驗室，在 Nates 的纜索疲勞測試系統、大地離心機、道路鋪面疲勞測試旋轉車，在 Marne-la-Vallee 的磁共振影像儀(MRI)。目前該研究中心 2006-2009 的研發主要課題及各自所佔之比例如下：

- (1) 基本設施對道路安全提昇 (20%)
- (2) 不可再生自然資源的節省(15%)
- (3) 環境保護（特別是都市狀態（污染、自然災害）(25%)
- (4) 透過診斷與維護的方式對既有結構進行最佳化（25%）
- (5) 發展土木工程所需的工具及方法。

2. 法國橋梁檢測與維修情況

法國橋梁檢測的規定與規範是於 1979 年頒佈，目前採用 1995 年所修正的 Technical Instruction for the Management of Bridges，其中對不同型式的橋梁皆訂有詳

細的技術準則。這些檢測資料是以名稱為 LAGORA2005 之橋梁管理軟體來執行管理作業。

法國橋梁的常態檢測(ordinary inspection)頻率為每三年一次，橋梁的評定是使用所謂 IQOA(Quality Image for Bridges)指標，其健全等級分為 1、2、2E、3、3U 五級，其中 1 級是屬良好情況之橋梁，2 級與 2E 級是屬已有缺損(Defects)，但分別為不須或必須進行緊急修復之橋梁，3 級與 3U 級是已有破壞(damaged)而屬於有危險之橋梁，並再分為不須或必須進行緊急補強作業之橋梁。

依規定每六年須對大型橋進行詳細之目視檢測，並對有危險的損傷橋梁進行試驗測定及必要之修補工作。其橋梁管理目標是要使全國橋梁能同時滿足下列 4 項目標：

- (1) 1 級+2 級的橋梁比率 >55%
- (2) 2E 級的橋梁比率 <30%
- (3) 3 級+3U 級的橋梁比率 <15%
- (4) 3U 級的橋梁比率 <1%

2007 年法國的州級道路橋梁有 9284 座，橋面積共是 3,870,000 平方公尺，年度進行橋梁置換(replacement)之費用為 90 億歐元，其中維護費用佔 0.48% (4300 萬歐元)，平均每一平方公尺的維護費用是 11.1 歐元。

3. 其他參訪事項

本次法國考察行程，除以上所述，與相關單位參訪座談及參觀橋梁之新工法和維護補強工作外，在本次行程中對法國當地尚有下列三項設施，值得我們參考，僅一併提出說明如下：

(1) 行人上下市區高架橋之方式

配合跨越塞納河與維持橋下通航之需求，巴黎市區跨河橋之高程常會較一般都市跨越橫交道路之立體交叉橋還高，如照片 65 所示，行人除可同車輛一樣，沿著引道上下橋梁外，因引道須較長，為方便行人上下高架橋，在巴黎可看到有不少高架橋同時再設置人行樓梯與電梯，例如照片 66、67 為設置在高架橋旁之人行樓梯與電梯，照片 68 為橋上電梯出入口。

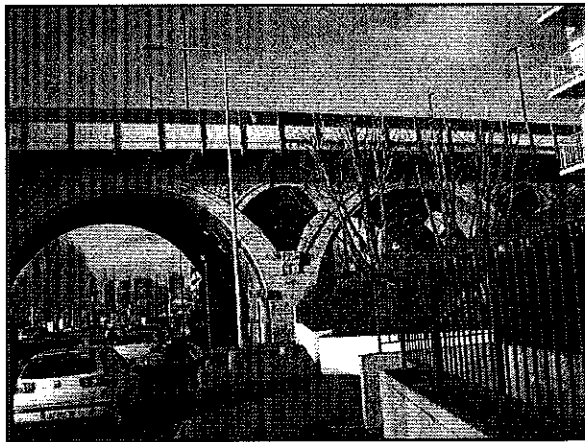
除車行高架橋設置人行電梯外，市區人行跨越橋亦常看到設有電梯設施，例如照片 69 之人行穿越橋，分別在照片之右側與左側設置樓梯與電梯，以供行人上下該穿越橋。

(2) 市區自行車出租系統

巴黎市區常可看見自行車，自行車不僅是運動工具，更是當為交通工具，其中不少是使用當地專設之出租自行車，各路口亦常可看到此種出租自行車之停車場，如照片 70。此種出租自行車是採無人管理方式，取用時是以信用卡刷卡方式，開取取用架，並記錄開始租車時間，當還租時再刷卡，以計算總共租用時間。該租車系統並可於不同停車場還租，因是採刷卡方式，不怕民眾不還，且為鼓勵民眾以自行車當為交通工具，該種出租自行車之每次租用時間如在半小時以內尚是免費。

(3) 行人斑馬線之表面處理方式

行人斑馬線在台灣最被垢病為斑馬線之劃線材料表面太過於光滑，易導致機車滑倒，造成騎士受傷。但法國頗多行人斑馬線之劃線表面，在斑馬線材料未乾固前先掃出或以壓花方式製造出紋路，如照片 71 與 72，使斑馬線之劃線表面不會太光滑，較不易造成機車滑倒，且各斑馬線表面所掃出之紋路亦有多種變化。



照片 65



照片 66



照片 67



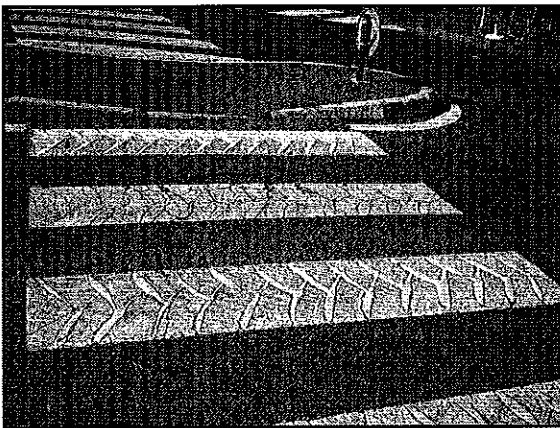
照片 68



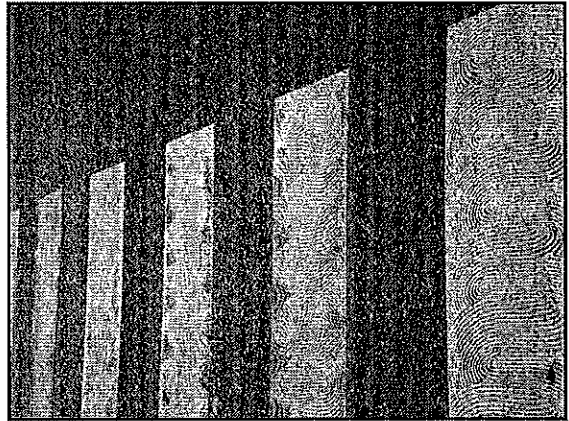
照片 69



照片 70



照片 71



照片 72

伍、心得與建議

本次前往法國參訪橋梁工程科技，期間除與法國主要橋梁科技主管機關、研發與工程單位進行多場會談，並參觀重要橋梁，以瞭解法國橋梁之管理與維護作業體制、施工材料研發與驗證方法、新近橋梁工程之技術、以及既有結構體之改造補強構想等，該等考察資料除可提供做為規劃成立國家級橋梁技術中心之參考外，並對提昇我國橋梁之未來建設與維護管理作業亦頗有助益。另在座談與溝通中，亦介紹台灣橋梁工程現況及未來發展構想，以便與法國橋梁工程單位建立聯繫管道，做為將來蒐集橋梁工程之相關訊息與資料的平台。

對於目前世界最高橋梁之 Millau 高架橋，其在設計其間不論對環境配合、結構型式、橋梁造型與施工方式之選擇均有相當之研究，尤其能在設計時即配合當地條件、施工能力，來規劃各項施工方式與計算施工步驟所造成之結構應力，使能在三年

期間即施工完成，包括 7 座高度 200m 高之混凝土橋墩與 18m 深基礎，且 2460m 長之鋼梁與上方 7 座橋塔和鋼索，能在 12 個月內即在現場組裝完成，並以推進工法，在 200m 高之上空推至預定位置，其中尚有 4 個月是與下部結構重疊施工，此種整體規劃作業與施工能力亦值得我們參考、借鏡。

另法國有不少橋齡超過 50 年以上之老橋，但法國各界頗重視橋梁之養護工作，包括制度面之 BMS 管理系統之執行、現場之檢查維修與損壞時之補強工作，尤其對補強工法之研究、開發、驗證與推展和執行尤為重視。我國橋梁因已慢慢要進入老舊階段，為避免發生破壞或造成須於短時間內同時進行眾多老橋之更新工作，亦應注重橋梁之管理與維修補強工作。

總結，這次參訪，聽、看並體會到許多法國政府及民間企業在橋梁技術上的作為及理念，咸認對擬成立之國家級橋梁技術中心，未來可資推動的工作大致可有以下諸項：

一、建構橋梁規劃技術：結合美學及綠色工程理念。

二、梳理橋梁設計技術：近期應開始搜集國內外各類橋梁技術之規範、法規、準則，並檢視國內相關之內容，作出比較分析及建議，並成為規範委員會之常態工作。並進行橋樑結構分析設計課程之推動(可和 *fib*、VSL 聯繫，邀請國外學者來台授課)及橋梁結構行為數位模擬分析技術。

三、研發橋梁施工技術：都會區橋梁快速施工技術之探討施工即時監測分析技術之研發、混凝土乾縮潛度監測調控技術之研發。

四、更新橋梁維護技術：沖刷安全評估防治技術橋梁養護規範之編寫橋梁維修補強技術、預力梁診斷技術、預力箱型橋梁診斷與維修補強技術、橋梁腐蝕劣化壽命評估技術、橋梁非破壞檢測技術橋梁承载力評估技術及預力工法和監測預警與補強。

五、橋梁管理技術：台灣重要橋梁之診斷工作(耐震承载力、基礎沖刷評估)，建立其健康診斷資料庫基於台灣橋梁管理系統(BMS)的基礎與 STERA 及 FHWA-TFHRC 合作發展橋梁之多重災害風險分析(Bridge Multi-Hazard Risk Analysis)之技術。建立重要橋梁之三維動力分析有限元素分析模型資料庫，並定期作模型參數校正，作為損傷評估及緊急災害評估之用。建立全國橋梁技術發展之產官學研人力專長資料庫。國內現有橋梁實驗室能力及特色資料庫。橋梁交通量及載重調查橋梁災害潛勢分佈資料。

六、橋梁技術認證及授証：建立橋梁技術之實驗室認證體系及能力。預力端

錨系統之驗證。

七、橋梁技術教育訓練：設立橋梁技術學苑（Bridge Technology Academy）推廣教育訓練 VSL 之技術訓練學校的教材可引入。可試辦預力混凝土預力施作及灌漿的工人、領班、工程師之教育訓練及授証。與 FHWA 之 NHI（National Highway Institute）建立橋梁檢測人員訓練及授証體系。選拔種子教官赴美受訓後逐漸在台展開橋檢人員訓練授証工作。

八、橋梁技術國際交流：建立和 LCPC、SETRA、VSL、Freyssinet, FHWA 長期定期交流互訪之機制，設法進行合作協定之簽定。積極參加類似 *fib* 組織的活動，掌握新科技之發展舉辦國際橋梁技術研討會

九、橋梁技術刊物出版與知識平台：LCPC 與 *fib* 的一些橋梁技術出版品應採購，日後橋梁中心應有專人定期收集橋梁技術新知，並置放於中心的橋梁知識平台上，供國內工程人員參考。