

行政院所屬各機關因公出國人員出國報告書  
(出國類別：出席國際會議及考察)

## 出席「國際橋梁及結構工程研討會」 及考察高速公路橋梁報告

出國人：交通部台灣區國道新建工程局  
正工程司兼科長 羅天健

出國地國：歐洲

出國期間：九十年三月二十日至三月二十八日

報告日期：九十年六月

## 摘 要

本次出國主要參加國際橋梁及結構工程協會（IABSE）等單位於2001年3月21日至3月23日於馬爾他舉辦之「工程之趨勢 - 安全、風險及可靠度（Safety, Risk and Reliability - Trends in Engineering）研討會。本次研討會之主題主要討論經由數學機率與統計之分析模式，使工程設計之安全、風險及可靠度均可達一定程度之水準，而目前此方面應用於橋梁工程設計上最廣泛者即為設計規範，根據研討會上所發表文章顯示目前規範普遍具有安全性不一之問題，考慮本國橋梁工程之規範大多參國外設計規範編修，因此本篇就本次研討會有關設計規範安全性不一與其如何校正之問題及沿途考察公路橋梁建設之心得作一報告。

# 目 錄

摘要 . . . . .	
目錄 . . . . .	
壹、前言 . . . . .	1
貳、研討會心得報告 . . . . .	2
一、馬爾他(Malta)簡介 . . . . .	2
二、研討會主題在橋梁工程規範上之應用 . . . . .	5
參、考察心得報告 . . . . .	19
一、義大利 A22高速公路高架橋維修工程介紹 . . . . .	19
二、奧地利里茲市(Linz) A7高速公路跨多惱河橋梁 . . . . .	23
三、巴黎戴高樂機場橋梁與機場建築物共構 . . . . .	25
四、其他橋梁考察心得 . . . . .	25
肆、結論與建議 . . . . .	29
附錄 . . . . .	31
附錄一、研討論文目錄 . . . . .	31
附錄二、研討會相關相片 . . . . .	40

## 壹、 前言

國際橋梁及結構工程學會等單位於2001年3月21日至3月24日於馬爾他舉辦「工程之趨勢 - 安全、風險及可靠度 ( Safety, Risk and Reliability - Trends in Engineering)」研討會，共分為十二組議題，計171篇論文（詳細目錄參附錄）於三個會場研討之，分組編號及議題分別如下：

- A 1 結構風險評估 ( Structural Risk Assessment )
- A 2 結構規範 ( Structural Codes )
- A 3 現有結構物評估 ( Assessment of Existing Structures )
- A 4 規畫、施工及運轉風險 ( Project, Construction and Operation Risks )
- B 1 風險工程 ( Risk Engineering )
- B 2 可接受風險之準則 ( Risk Acceptance Criteria )
- B 3 決策支援 ( Decision Support )
- B 4 可靠度在大地工程之應用 ( Reliability in Geotechnical Engineering )
- C 1 失敗教訓 ( Lessons form Failures )
- C 2 風險控制 ( Risk Control )
- C 3 風險資訊傳遞 ( Risk communication )
- C 4 標竿研討 ( Benchmark Studies )

由於上述之各項課題多以數學模式作風險評估及可靠度分析較偏理論及個案研究，而工程實際應用上層面最廣的為其在設計規範上之應用，由於研討會多篇論文討論到依目前設計規範設計之不同材料或結構系統之結構其有安全性不一之問題，因此本篇就此項議題深入探討及並對沿途工程考察作一心得報告。

## 貳、研討會心得報告

### 一、馬爾他 (Malta) 簡介

本次研討會之地點為馬爾他，由於其地理位置離歐洲大陸較遠且與本國並無邦交，國人對其較為陌生甚而本地幾無代辦馬爾他簽證之旅行社且索價昂貴，因此國人赴該國旅行或商務考察並不普遍。但去過該國後，深感當地民眾熱情、社會安定及具觀光價值，值得加以介紹，因此就馬爾他及其地理位置作一簡要報告。

#### (一) 基本資料

人口：約37萬人。

首都：瓦雷塔 (Valletta)

面積：316平方公里。

宗教：以羅馬天主教為主，約佔全部人民的91%。

政治：民主政體，且為中立國家。

語言：官方語言為馬爾他語和英語；義語，法語，阿拉伯語亦可。

#### (二) 地理位置及景觀

馬爾他共和國是一位於地中海中部的群島國家（地理位置如圖一、馬爾他地圖如圖二）。國土北部離義大利西西里島僅95公里，南部距北非突尼西亞海岸約288公里。馬爾他群島是由三個有人居住的島嶼與另外二個無人島組成：有人居住的包括主島馬爾他島 (Malta)、戈佐島 (Gozo) 及科米諾島 (Comino)，無人島菲弗拉島和聖保羅島。全境沒有高山也沒有河流，地理特徵為一系列的矮山丘與梯形坡地；群島本身為石灰岩地質，呈現出喀斯特地貌，陸地坡度平緩，海岸卻崎嶇高聳。另由於西元前5,200年即有人類定居於此加上前

述之特有地理條件，因此造就了此處令人驚嘆之巨石文化及神廟景觀（如圖三、四）又配合其良好的氣候特性，因此成為了歐洲人的觀光據點，歐洲人亦稱其為歐洲之後花園。



圖一、馬爾他地理位置



圖二、馬爾他地圖



圖三、首都瓦雷塔



圖四、巨石神廟景觀

### (三) 歷史文化背景

馬爾他之歷史可回歸至西元前5,200年，一支民族定居於此，並且創造了史前偉大的巨石文明之後，長久以來，由於其獨特的地理位置為控制歐洲大陸進出之戰略要點且具有優越的天然港灣，因此歷盡了無數次史上著名的殖民地爭奪；包括西元前750年的迦太基民族，西元前218年的古羅馬帝國，到西元4、5世紀，汪達爾人和東哥德人的佔領，6世紀的東羅馬拜占庭帝國，9世紀的阿拉伯帝國，11世紀的諾曼王國，騎士團，甚至於歐陸梟雄-拿破崙，都曾極力爭取這塊土地，以為控制地中海區域出入之鑰。

### (四) 氣候

典型的地中海型氣候，不下霜雪，也不起濃霧；夏季平均溫度為22.6℃，冬季平均溫度為13.7℃；夏季夜晚有著來自地中海涼風吹拂，另11月到3月為降雨期。基本上氣候為乾燥少雨。

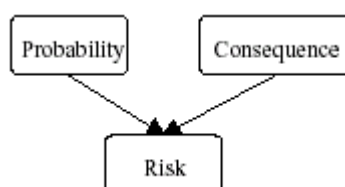
## 二、研討會主題在橋梁工程規範上之應用

結構工程設計規範最主要的目的為讓不同工程師能依據共同的準則而設計出安全、經濟之結構。但由於結構載重組成之不定性及材料本身材質之變異性影響，使得欲同時精確掌握安全性與經濟性有所困難，因此必需藉由科學的方法討論以期達到規範之目的。本次研討會之主題風險及可靠度之分析即是以數學之方式將前述安全性及經濟性數值化，因此我們可經由本項工具來使得規範之訂定值更為合理。

以往的設計規範著重於經驗上及安全性之討論，因此依據規範所設計出來之結構物，其安全性多能滿足，但其可靠度卻不均一，隱含者部分結構有設計過分保守甚或有規範對結構設計之掌握性不佳之情況，因此如何能訂定出一符合安全且可靠度均一的規範，是結構設計規範訂定之終極目標，以下就研討會對本項議題之討論作一心得報告。

### (一) 名詞定義

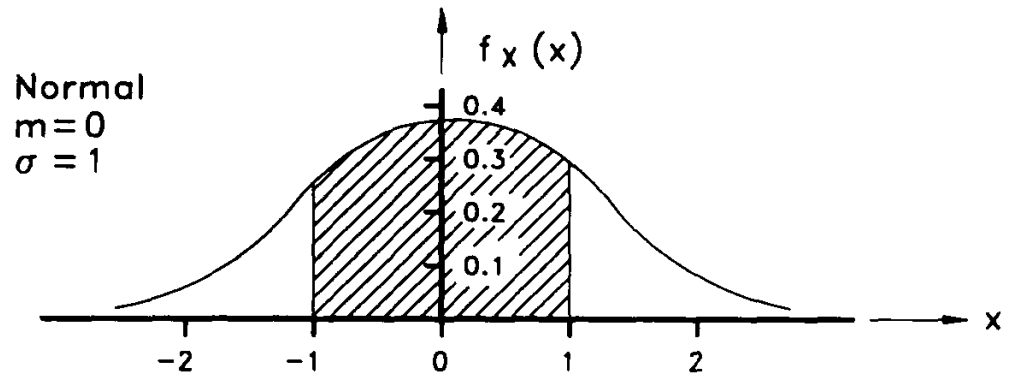
1. 風險 (Risk)：可定義為發生機率 (Probability) 與造成之結果 (Consequence) (通常指損失) 的乘積可以用圖五表示，風險在規範上主要用來決定何種機率及損失為可接受，作為訂定結構物設計可靠度需求之參考。



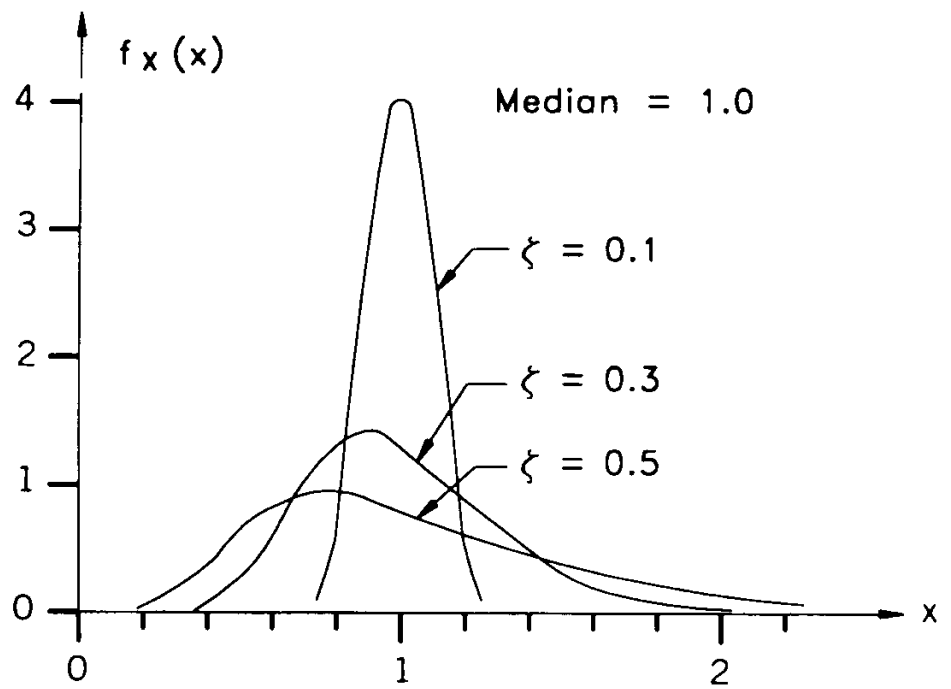
圖五、風險之圖示



- 2 . 可靠度 (Reliability) : 危害發生機率 + 可靠度 = 1 ,  
意即可靠度 = 1 - 危害發生機率。
- 3 . 或然率模式 (Probabilistic Model) : 為一數學分佈模式通常以縱座標為發生之機率, 橫座標為被討論之主體變數 (如載重、強度等), 將此二變數組成之分佈曲線以數學曲線化即為或然率模式, 通常在討論設計規範時多採常態分佈 (Normal distribution) 或對數常態分佈 (Lognormal distribution) 其分佈圖形如圖六所示。
- 4 . 安全指標 (Safety Index) ,  $\beta$  : 載重 ( Q ) 之機率分佈與強度 ( R ) 之機率分佈繪於同一圖上則其失敗之條件為二者重疊處 (如圖七陰影所示), 惟如此不能明確表示失敗機率, 因此必需經過轉換將 (強度機率分佈 - 載重機率分佈) 定義為一 g 函數 (  $g = f_R - f_Q$  ) 則其結果如圖八所示, 而圖中強度小於載重部分即為失敗之機率 (如圖八 x 座標小於 0 之陰影部分) 而其 g 分佈平均值與標準差之比值則定義為安全指標, 此值經由計算可得失敗之機率,  $\beta$  愈大則表示設計成果失敗率愈小, 因此為了解規範安全性之重要指標, 亦為討論規範設計結果安全均一性之工具。

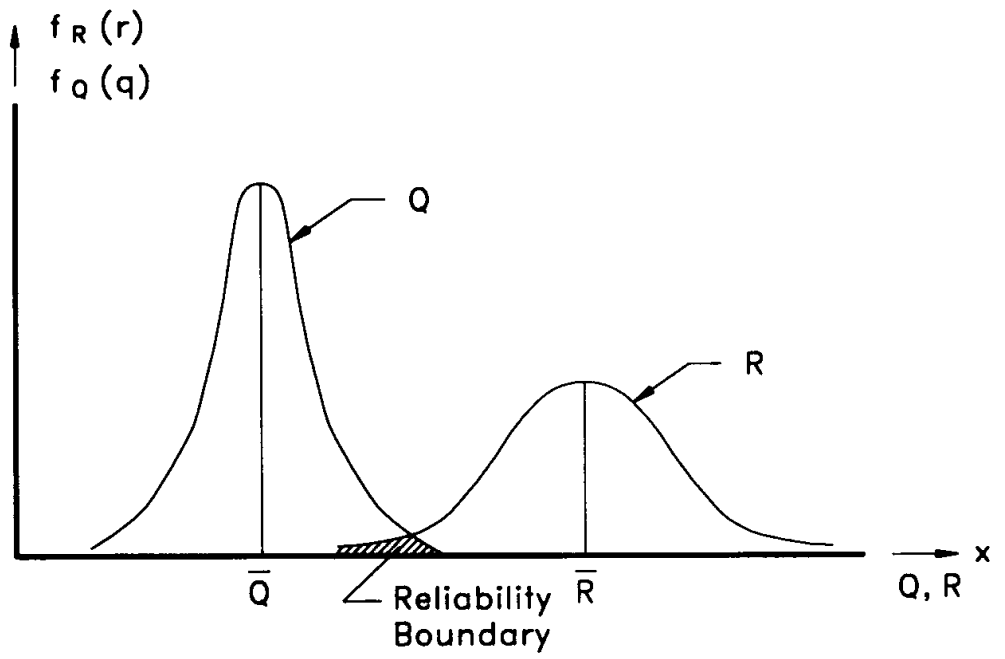


( a ) 常態分佈

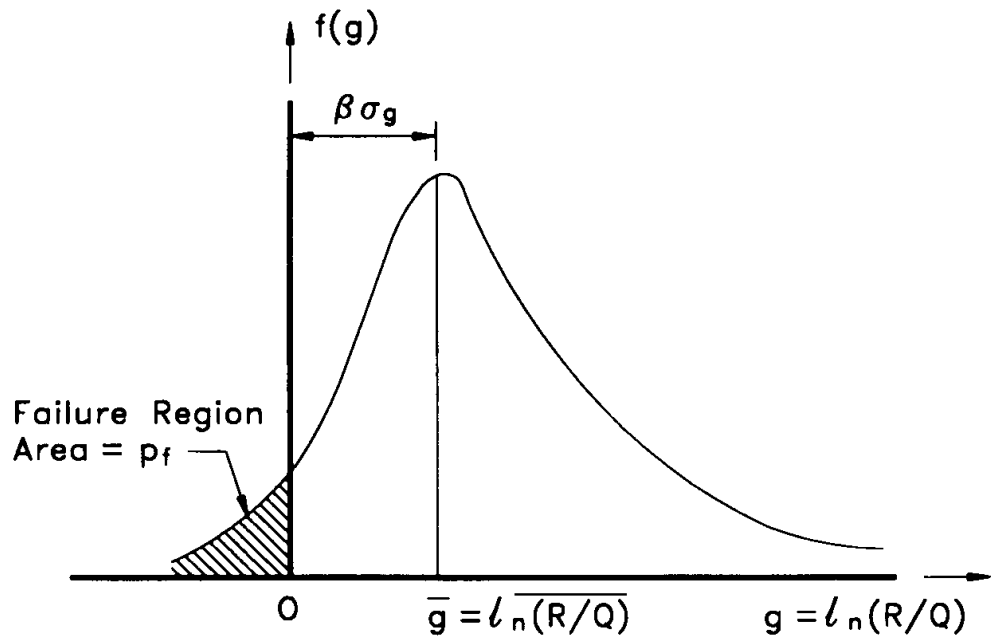


( b ) 對數常態分佈

圖六、或然率之分佈模式 (a)常態分佈 (b)對數常態分佈



圖七、載重 (Q) 與強度 (R) 之機率分佈示意



圖八、安全指標 之定義 (此圖以對數常分佈為例)

## (二) 目前規範本身面臨問題之討論

由研討會之討論可以發現，目前先進國家對規範均在作有系統之檢討，主要檢討依相同規範但在不同載重情況、不同結構物型式所設計出結構物其安全性是否均一，亦即是設計規範對所有結構物設計成果是否在安全上及經濟上有相同之標準，所有研究成果均發現，依早期之規範設計成果無論為工作應力設計法或強度設計法，其設計成果之安全指標差異甚大，因此目前已有少數國家開始進行以風險及可靠性之觀點發展一套結構設計成果之安全指標均一之規範。

於本次研討會有數篇報告其現有規範成果之安全指標差異甚大之情況，以下就有關丹麥、歐洲規範(EURO Code)及美國AASHTO規範之均一性問題作一說明：

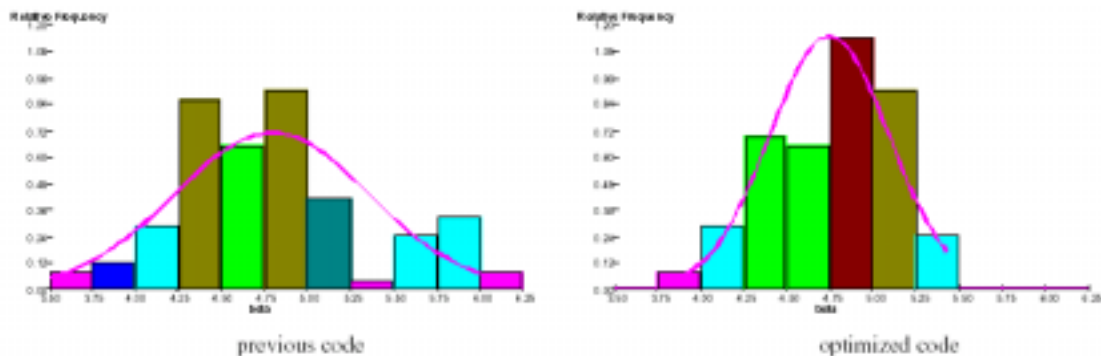
### 1. 丹麥規範

表一所示為John D. Sorensen等人討論以丹麥規範設計三種不同結構，分為簡支梁、短柱及地工結構，而其簡支梁及短柱設計又分以鋼筋混凝土、鋼材及木膠合板作材料，地工結構則以直接基處承載於砂與粘土地層上及擋土牆設計等作為討論對象，因此其討論三種結構型式加上材料不同之選擇共九種組合(參表一第一行標示)。其研究成果顯示鋼或鋼筋混凝土之結構其安全指標(平均值5.05)大於同樣規範採用木膠合板為材料之結構(平均值4.58)；另鋼筋混凝土梁結構(強度由鋼筋控制)之安全指標5.39，遠大於鋼筋混凝土柱結構(強度由混凝土控制)之安全指標4.64；以表一之安全指

標為變數可繪出圖九之分佈圖形，可了解其安全指標之分佈區域廣，顯示其安全性變異很大。

	Previous code Average value	Previous code Standard deviation	Optimized Average value	Optimized Standard deviation
Beam – concrete	5.39	0.62	4.69	0.34
Beam – steel	5.06	0.64	4.64	0.39
Beam – timber	4.58	0.27	4.81	0.22
Column – concrete	4.64	0.26	4.81	0.20
Column – steel	5.10	0.66	4.67	0.41
Column – timber	4.58	0.27	4.81	0.22
Foundation on sand	4.61	0.45	4.81	0.48
Foundation on clay	4.37	0.76	4.68	0.50
Gravity wall	4.89		5.10	
Total	4.79	0.56	4.79	0.35

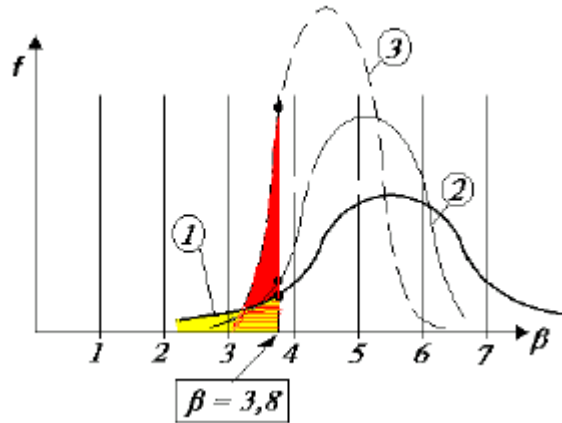
表一、不同材料及結構依丹麥規範及修正建議之安全指標



圖九、表一之安全指標分佈圖

## 2 . 歐洲規範(Euro Code)

圖十為Jean-Armand Calgaro等人所發表以歐洲規範設計之建築與橋梁結構物之安全指標分佈情況，圖中曲線1表示建築結構安全指標之分佈，曲線2表示橋梁結構安全指標之分佈，可了解不同結構物其安全指標之分佈差異亦很大。

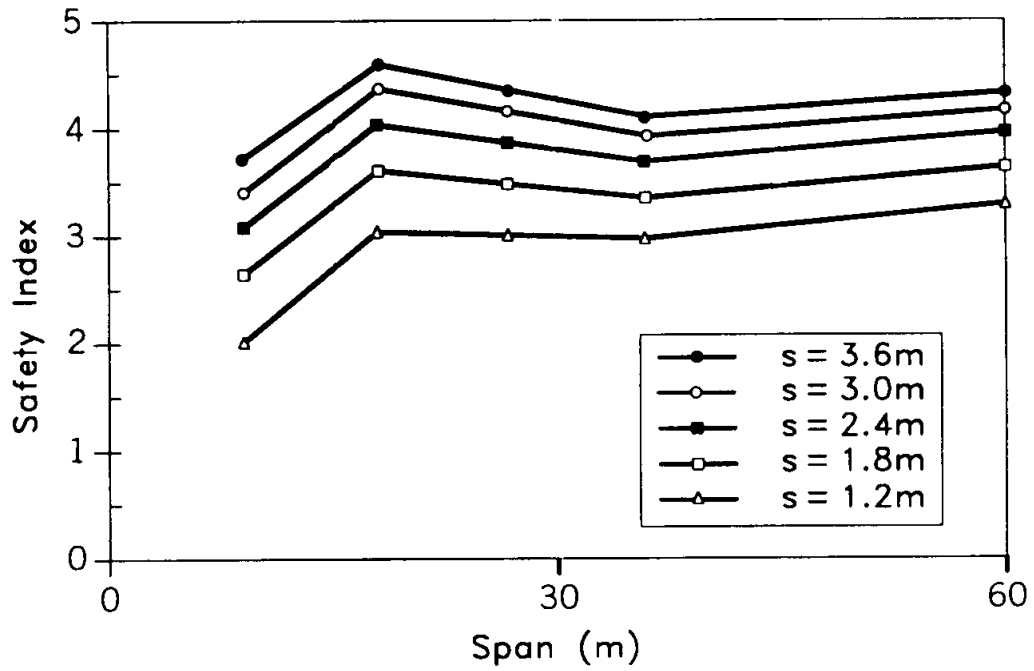


曲線1:建築物, 曲線2:橋梁

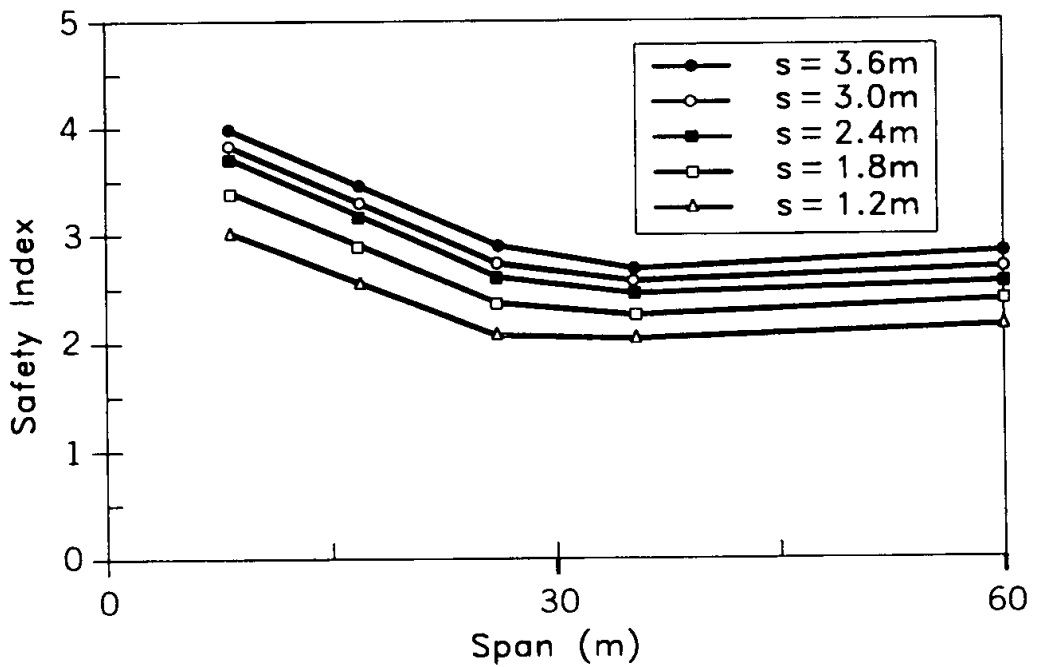
圖十、歐洲規範安全指標分佈

### 3 . 美國AASHTO規範

目前我國交通部橋梁設計規範主要參考美國AASHTO規範編訂，依據文獻顯示目前AASHTO規範亦與前述二規範相同遭遇設計成果安全指標差異甚大之問題。研究結果顯示以AASHTO 1989年版設計規範設計之簡支梁於不同跨徑及梁間距之情況下，其彎矩與剪力安全指標之分佈分以圖十一表示。由圖可了解較寬之梁間距具有較大之安全指標，而彎矩之安全指標普遍較剪力為大；另在彎矩情況跨徑短之結構安全指標較低，而剪力情況則相反，跨徑大之結構安全指標較大，最重要的是由圖中之安全指標分佈彎矩為2.0 4.5，剪力為2.0 4.0，經由查表可得表示結構之破壞機率為1/100至1/100,000，明顯看出結構安全性之差異。



(a) 彎矩安全指標與跨徑及梁間距之關係



(b) 剪力安全指標與跨徑及梁間距之關係

圖十一、以AASHTO 1989年設計之預力混凝土簡支梁安全指標之變異

### (三) 設計規範之校正

由前述討論可了解目前設計規範普遍潛在的問題即是設計成果安全性偏差過大，為解決此一問題規範校正是一個可行之方法，以下就規範校正之依據及其校正步驟作一簡單報告。

規範校正可使用之依據有下列數種：

#### 1. 依據經驗校正

係依據以往設計結構之表現作為校正之參考，而此項校正方式係評估既有結構物在以往的表現情況，若無發生缺陷或損壞則表示以往設計係滿足安全要求。惟此項之準僅能了解安全性是否滿足，但無法了解設計規範是否過於保守，且無法解決前述規範安全指標不一致之問題。

#### 2. 以其他規範為基準校正：

本校正方法主要為參以其他或以往規範作為校正基準，如與工作應力法設計規範之安全係數比對校正，此法之優點為新規範與舊規範之差距不會過大，惟其缺點亦為無法解決規範安全指標不一致之問題。

#### 3. 以可靠度理論校正

其以統計載重及材料之變異及分佈，決定其安全指標後，再計算規範規定之各載重與材料放大或折減係數，此法較具理論根據，優點為校正後之規範可獲得均一之安全指標，缺點為其必需具有足量載重與材料基本資料可供統計分析。



前述規範校正方式亦可同時採用二種以上之方式，研討會發表目前修訂校正中之規範多以可靠度方法獲得一參數後再與以往規範比對。以下即就此一模式之步驟作一詳細之報告。

#### 步驟 1：對載重及材料統計分析

由於可靠度分析必需先了解討論目標之變異程度，就結構設計規範而言即為載重及材料。其目的為對較無法掌握（即變異性較大）之材料或載重給予較大之安全因數。以 AASHTO 而言其訂定 LRFD 規範時即根據美國地區材料與載重之統計結果，其變異係數如表二所示，例如就鋼筋混凝土撓曲構件其材料之偏差係數（Bias factor，定義為  $\frac{\text{實際平均值}}{\text{原訂目標值}}$ ）為 1.14，而變異係數（Coefficient of variation，定義為  $V = \frac{\text{實際物件標準偏差}}{\text{實際平均值}}$ ）為 0.15；而就載重統計成果亦可發現靜重部分預鑄比場鑄結構之變異性小，而瀝青路面對橋梁產生之載重變異最大，另活載重部分可看出超載情形之存在事實（活重之  $\frac{\text{實際平均值}}{\text{原訂目標值}} = 1.0$  1.2）。前項之統計結果看出，材料之  $\frac{\text{實際平均值}}{\text{原訂目標值}}$  均大於 1，表示材料之品質多超出原訂強度，但載重之  $\frac{\text{實際平均值}}{\text{原訂目標值}}$  亦均大於 1，表示載重低估之情況普遍存在。而後者變異係數 V 表示其材料或載重之變異性，可看出鋼構材之品質穩定性最佳變異最小，而木結構之變異最大，RC 結構居中。但上述之統計係就美國地區之情況，隱含者其工業水準、施工品質、民眾守法性及車輛之載重情況，因此本國若直接引用美國之設計規範之參數，則必需了解本地所統計分析之結果是否與美國相同。

Limit	Bias ( $\lambda_R$ )	COV ( $V_R$ )
Light-gage steel		
Tension and flexure	1.20	0.14
Hot-rolled steel		
Tension and flexure	1.10	0.13
Compression	1.20	0.15
Reinforced concrete		
Flexure	1.14	0.15
Compression	1.14	0.16
Shear	1.10	0.21
Wood		
Tension and flexure	1.31	0.16
Compression parallel to grain	1.36	0.18
Compression perpendicular to grain	1.71	0.28
Shear	1.26	0.14
Buckling	1.48	0.22

(a) 材料統計

Load Component	Bias ( $\lambda_Q$ )	COV ( $V_Q$ )
Dead load		
Factory-made	1.03	0.08
Cast-in-place	1.05	0.10
Asphaltic wearing surface	1.00	0.25
Live load (with dynamic load allowance)	1.10–1.20	0.18

(b) 橋梁載重統計

表二、美國地區材料及載重分佈統計成果

### 步驟 2：計算現有規範之安全指標及其均一性

由於安全指標代表可接受之風險，藉由計算現行規範之安全指標可了解目前規範設計結構之風險，並討論該風險是否可以接受。由前述之討論可知AASHTO 1989年規範設計之簡支梁結構其安全指標在2.0 4.5之間，可查出發生破壞之機率為1/100 1/100,000不等；另由表一亦可看出目前丹麥規範之安全指標在4.37 5.39之間，隱含其破壞機率為1/100,000 1/50,000,000。若安全指標過高雖表示安全性很

高，但相對的成本較高；若安全指標不一，則表示規範未能有效掌握結構物之表現。

### 步驟 3：決定校正後規範之安全指標

決定安全指標為訂定或校正規範最關鍵之處，由前討論可知安全指標決定了安全性與經濟性，二者如何取捨除了風險計算外尚需考慮社會之觀點。以歐洲規範系統而言，其訂定安全指標先決定一可接受之風險如表三所示，其與結構損壞後可能受災人數及財務損失有關，但歐洲規範實際訂定之值不全然依此表所示，原因為舉例如假設每一法國人罹災，則其損失為六百萬歐元，經風險評估計算後，目前規範標準遠高過於可接受之風險，但若因此降低規範水準，或將造成更多人罹災，則社會將不易接受。歐洲規範目前建議壽齡50年之一般結構物，其在極限情況時其安全指標目標值  $\tau$  最小值為3.8；而前所討論之丹麥規範則將  $\tau$  平均值訂為4.79；美國 AASHTO LRFD 版規範將  $\tau$  最小值訂為3.5。

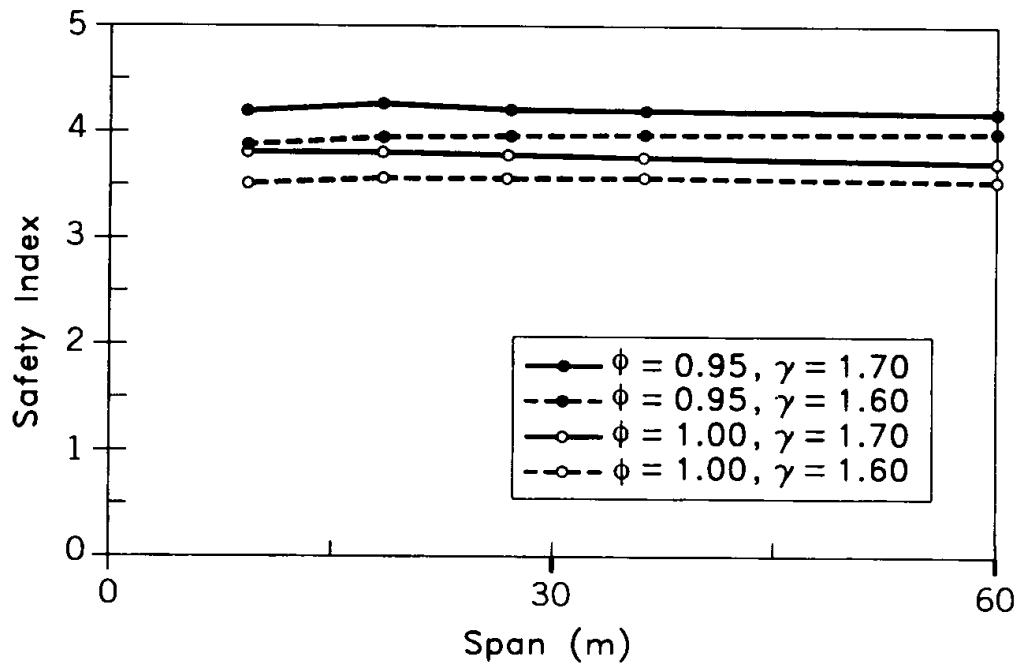
Reliability Class	Minimum values for $\beta$					
	Ultimate limit states		Fatigue		Serviceability	
	1 year reference period	50 years reference period	1 year reference period	50 years reference period	1 year reference period	50 years reference period
RC3	5.2	4.3				
RC2	4.7	3.8		1.5 to 3.8	2.9	1.5
RC1	4.2	3.3				

表三、歐洲規範安全指標訂定參考值

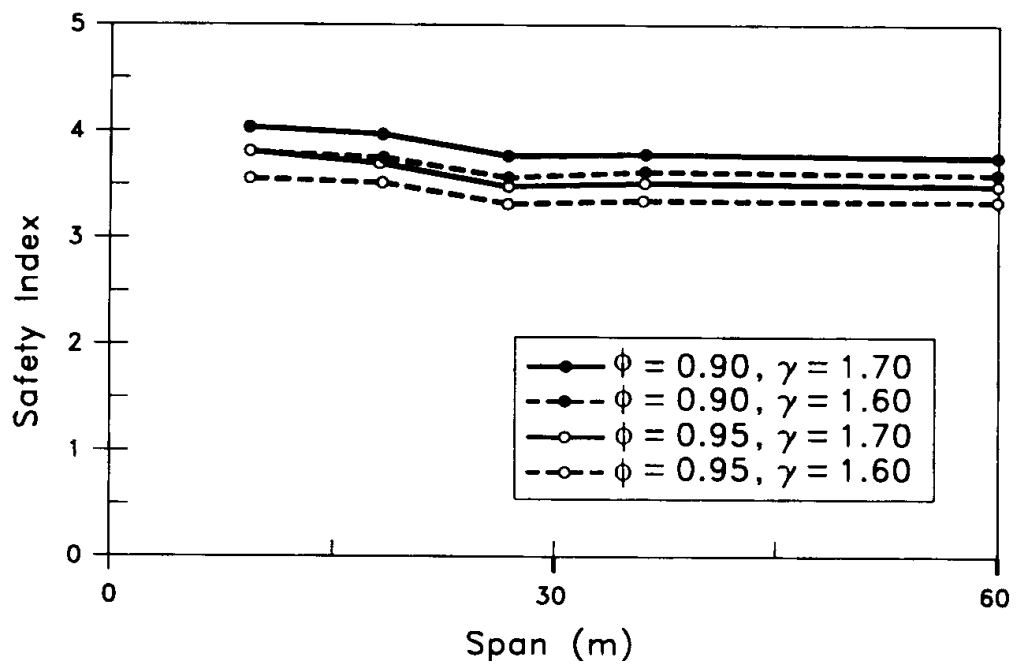
#### 步驟 4：計算規範之載重及材料參數

為了達到前項所選擇之安全指標目標值，且工程師並無能力就每項工程去依前述各步驟複雜分析，因此規範必需訂定合理之載重及材料參數，於訂定過程中除考慮載重與材料之變異性外，尚需考慮不同結構行為之變異性，最後必需再與現行規範作一檢核，以避免規範產生大幅度之修正。

經過上述步驟校正後，所得成果可以丹麥規範及美國 AASHTO LRFD 規範為例說明，表一及圖九為丹麥規範校正前後之比較，圖十二則為 AASHTO LRFD 規範校正之成果，均顯示其安全指標均可滿足其目標值及均一性之要求。



(a) 彎矩安全指標分佈



(b) 剪力安全指標分佈

圖十二、以AASHTO LRFD規範設計之預力混凝土簡支梁安全指標

## 參、考察心得報告

本次赴馬爾他參加研討會於往返行程途中，承法商法西奈 (Freysinet) 公司之協助參訪了其在義大利所辦理之一座高架橋梁之維修作業，另由於國內橋梁工程目前著重於工程與景觀之配合，因此本節就此二主題作一報告。

### 一、義大利 A22高速公路 Brenner 高架橋維修工程介紹

A22高速公路跨越阿爾卑斯山系連結北歐及南歐，從德國之慕尼黑 (Munich) 經過奧地利之茵斯布魯克 (Innsbruck) 至義大利 Modena，由於其興建於1960年代橋齡已久，為維持本橋功能因此辦理此一維修工程。

本次參訪法商法西奈公司其所得標為其中高程265m之 Bolzano 至高程為550m之 Chiusa 段工程，位於 Isarco 山谷內，沿者 Adige 河之分支前進（工程位置如圖十三標示）。本標段由六座橋梁組成全長5.5公里，橋面寬約22公尺，共有151跨徑，上構為跨徑約35公尺之預力I型梁，橋墩為單柱式T形橋墩，橋高由5公尺至60公尺不等，工作面積包括上構 117,000m<sup>2</sup>、下部結構 270,000m<sup>2</sup> 及橋面伸縮縫 4,500m。

#### (一) 上部結構作業內容

1. 路面及橋面防水系統之更換：本部分工作以每1,500公尺之單向車道為單元，為不影響交通運轉，施工期間之車輛係採改道於另向車道方式維持交通。其主要工作為刨除現有路面後重新鋪設鋼線網及樹脂混凝土。
2. 橋護欄更換：所有橋欄杆更換為新品，並採用耐候性鋼材質（其稱為 Corten Steel）。

- 3 . 橋面伸縮縫更換：所有原設之 4,500m 開放式橋面伸縮縫全數更換，其中80%更換為使用不銹鋼加橡膠封條，另20%則採用法西奈公司產品。另值得一提的是其橋面施工是在一隧道式活動棚架下作業(如圖十四所示)，且其施工速度為每三天完成四個跨徑。



圖十三、Brenner 高架橋位置示意



圖十四、橋面施工在活動式棚架下進行

## (二)下部結構作業內容

1. 現有裂縫及鋼筋生鏽之修補：由於保護層不足、橋面落水管水花噴濺或橋面伸縮縫排水噴濺等因素，造成橋墩部分發生裂縫或鋼筋腐蝕之現象，因此橋下作業之第一步驟即為將此局部損壞修補。
2. 噴塗有色鋼纖樹脂水泥漿：在前項修補完畢後，為避免表面混凝土繼續劣化，並考慮使橋梁整體外觀較為一致，因此於橋梁表面噴塗一層有色鋼纖樹脂水泥漿以同時達美觀及耐久目的（施工情形如圖十五所示）。由於本橋位於山谷區橋墩高度高者達60公尺，法西奈公司特為此工程設計一長22m之懸掛於橋面之可伸縮活動工作架（如圖十六所示），可提供安全之作業空間，更可加速作業之速度。





圖十五、活動式可伸縮式工作架



圖十六、橋梁表面噴漿情形及完成後表面外觀

## 二、奧地利里茲市(Linz) A7高速公路跨多惱河橋梁

多惱河為歐洲主要河川，沿河平原多成為人口密集之都市，因此於都市區跨越河道之橋梁甚多，在奧地利的里茲市亦不例外，因此橋梁主管單位在設計都市區跨河橋梁時，橋梁的造型成為主要的考量，但如何避免相鄰橋梁相互爭艷甚而產生混亂之情況，亦是值得我們考慮。

圖十七為A7高速公路跨越多惱河新建之橋梁，其橋梁造型為鋼單柱斜張橋鋼纜採豎琴式(Harp)配置，造型簡潔壯觀；在相鄰約500公尺處另有一座市區橋梁，其建造時期較早採下路式鋼桁架系統設計(如圖十八所示)。此二座橋若單獨觀之均有其獨特壯觀之一面，但因橋址過近因此有前述互相干擾之情況，尤其河岸邊近市中心區已規劃供市民休閒之河岸公園，市民於其上活動時對此二橋之視覺會有混亂之感覺，如圖十九所示，此例可供爾後規劃橋型之參考。



圖十七、A7高速公路於里茲市跨越多惱河之斜張橋



圖十八、里茲市區道路跨越多惱河之鋼桁架橋



圖十九、前述二橋因橋址過近於視覺上相互干擾

### 三、巴黎戴高樂機場橋梁與機場建築物共構

近來機場之新建或擴建為國內工程重點之一，又由於為達到入出境旅客之出入方便性，停車場或車道通常會伸入機場建築物之主體，而常見機場建築物與引道橋梁共構，但由於建築師與橋梁工程師之分工關係，常造成建築物與引道橋梁外型不協調之情況。本次經過巴黎戴高樂機場，其設計為立體停車場與機場建築物共構，雖外觀有些許複雜，但其整體一致性之設計是值得我們參考的。(如圖二十、二十一所示)。

### 四、其他橋梁考察心得

歐洲許多城市為沿河岸構築，跨河橋梁已成為其生活之一部分，此次考察發現許多古老之跨河橋梁仍留存至今，其造型雖不若現在大規模橋梁壯觀，但其線條造型之細膩卻令人留下深刻印象，可深刻體會造橋人之用心。(參附圖二十二 二十六)所示。



圖二十、法國巴黎戴高樂機場引道與建築物共構(一)



圖二十一、法國巴黎戴高樂機場引道與建築物共構(二)



圖二十二、造型簡潔風格不俗之橋梁(一)



圖二十三、造型簡潔風格不俗之橋梁(二)



圖二十四、造型簡潔風格不俗之橋梁(三)



圖二十五、造型簡潔風格不俗之橋梁(四)



圖二十六、造型簡潔風格不俗之橋梁(五)

## 肆、結論與建議

- 一、目前國內使用之結構工程設計規範多為強度設計法或工作應力法系統，其設計成果雖然安全，但根據現階段各國檢討規範之結果仍有其安全性不一致之現象。
- 二、目前國際間之結構規範已朝向以可靠度為基礎之載重與強度因數法(LRFD)，其對安全性不一致之問題可有效解決，但應注意的是其因經過本土之統計分析而產生，若我們要直接引用外國規範作為國內設計之標準，其參數有地域適用性之疑慮。
- 三、綜合前述二項結論，為使我國之規範能符合安全、經濟且本土化之要求，我們宜推廣規範本土化所需之載重與材料等變異性調查，以作為爾後發展適用國內之規範訂定基本資料。
- 四、橋梁造型與景觀之配合為現在橋梁設計一個重要考慮的因素，橋梁設計必需考慮與外在環境或構造物之相互協調，在無適當之環境配合下，過度之造型設計反而成為突兀之結構，不如以簡單之結構型式加上些許之線條變化反而能達到其景觀之目的。
- 五、在現在國內施工者施工簡單快速之要求下，常與設計者擬設計一座供百年使用兼具有力與美橋梁的想法有所衝突，在親身體驗國外橋梁設計與環境之配合後，或許可以猜測國外橋梁設計施工者的想法，即橋梁工程師（無論設計者或施工者）其客戶



應為未來橋梁之使用者，因此建議爾後橋梁設計施工若有此方面之爭議，應宜以未來橋梁使用者之觀點來討論，也許較易獲得一個平衡點。

- 六、行萬里路勝讀萬卷書，經由現場實地經歷確實與由書本所獲得有不同感受，尤其國外之工程與藝術之結合值得我們再深入研究探討。
- 七、本次出國承台灣法西奈公司黃循聲副總之代為安排參訪義大利橋梁維修工程亦在此一併致謝。

## 附錄一、研討會論文目錄

---

### Table of Contents

---

#### Plenary Sessions

Risk and Safety Considerations at Different Project Phases

Hoej; Denmark

The Contribution of Insurers and Reinsurers to Risk Management 25

Porro; Switzerland

Law and Technical Risks: Risk-Based Regulation: Practical Experience

Bienz, Seiler; Switzerland

Tolerable Risk

Lind; Canada

Common Causes of Structural Collapses

Popovic, Nugent; USA

Hazards and Controlling the Risks to Structures

Menzies; Great Britain

Safety-Based Bridge Maintenance Management

Enevoldsen, Jensen; Denmark

Critical Appraisal on New Japanese Building Structural Regulation

Kanda, Hanaoka; Japan

Trust in Safety Institutions: Social Demands and Reality

Renn; Germany

Structural Safety: Foundations and Fallacies

Elms; New Zealand

JCSS Probabilistic Model Code

Vrouwenvelder; The Netherlands

#### Working Session A1 Structural Risk Assessment

A Probability-Based Approach to Fastening in Cracked Concrete

Bergmeister, Eichinger; Austria

Stochastics in Computational Mechanics - Some Recent Advances

Bucher; Germany

The British Airways London Eye - Design Review and Special Studies

Dijkstra, Vrouwenvelder, Berenbak, Snijder; The Netherlands

Risk Concepts in Fire Safety Design

Frantzych, Nystedt, Lundin; Sweden

---

A Method for Seismic Risk Assessment of Port Facilities  
Kiremidjian, Pachakis, Audigier; USA

Storm Overload Response of North West Shelf Monopods  
Tuty, Ronalds, Harding, Fakas; Australia

Failure-Mode Analysis on the Design and Use of Sluices in The Netherlands  
Van der Meer, Stoop, van der Graaf; The Netherlands

Safety Considerations for the Design of Glass Structures  
Woerner, Schneider Jens, Giebenhein; Germany

Calculation of Design Wind Speed in Malta  
Abdelnaby, El-Heweity; Egypt

Reliability of a Steel Beam under Persistent and Fire Design Situation  
Cajot, Schleich, Luxembourg; Holicky; Czech Rep.

Seismic Damage Evaluation System for Bridge Structures  
Miyamoto, Kaneyoshi; Japan

Buckling of Locally Corroded Plates  
Sadovsky, Krivalek, Slovakia; Drdacky; Czech Rep.

Reliability Aspects for Glass in Structural Design  
Sedlacek, Wellershoff, Laufs; Germany

Probabilistic Assessment of Concrete Structures Durability  
Bob; Romania

Structural Fuzzy Reliability Analysis Using an Annealing-Genetic Algorithm  
Liu Yang, Zhang Jianren; China

Probabilistic Modeling of Extreme Wind Loadings  
Soboyejo; USA

### **Working Session A2 Structural Codes**

Management of Reliability and Risk in the Eurocode System  
Calgaro, France; Gulvanessian, Great Britain

Aspects of Safety in Design and Assessment of Deteriorating Structures  
Faber, Switzerland; Melchers, Australia

Generating Site-Specific Vehicle Data Using Monte-Carlo  
Getachew, Karoumi; Sweden

Calibration of Traffic Design Loads for Long-Span Bridges  
Oestlund, Sundquist; Sweden

Partial Safety Factors and Target Reliability Level in Danish Codes  
Sorensen, Hansen, Nielsen; Denmark

Partial Factor Format for Structural Assessment  
Val, Stewart; Australia

Level III Reliability Methods Feasible for Complex Structures  
Waarts, de Boer; The Netherlands

Performance-Based Seismic Design for Port Structures  
Yokota, Iai, Yamamoto; Japan

---

Reliability of Steelwork Designed to Eurocode 3  
Byfield, Nethercot, Great Britain

Reliability of Bridges: Hydraulic Aspects  
Perevoznikov, Seliverstov; Russian Fed.

Platform Configuration and Structural Reliability Relationship  
Ronalds, Tuty, Fakas, Pinna, Cole; Australia

A Methodology for Structural Code Calibration  
Ter Haar, Retief; South Africa

Random Limit Load of Steel Beams Weakened by Corrosion  
Biegus, Madry; Poland

Assessment of Overstrength Effects in Connections Using Monte Carlo Methods  
da Silva Luis, Gervasio, Rebelo, Girao Coelho; Portugal

A Continuously Integrated Approach for Steel Frame Design  
Gizejowski, Barszcz; Poland

Modelling and Reliability Assessment of Traffic Loads on Railway Bridges  
James, Karoumi; Sweden

Failure Probability Estimation of Steel Building Structures  
Pichugin, Ukraine

### **Working Session A3 Assessment of Existing Structures**

Seismic Reliability Assessment of Monumental Buildings  
Augusti, Ciampoli, Giovenale; Italy

Probabilistic Assessment of Roadway and Railway Viaducts  
Casas, Spain; Prato, Huerta Soaje, Gerbaudo, Argentina

Vehicle Collision Loading Criteria for Bridge Piers and Parapets  
Das, Gibbs; Great Britain

The JCSS Document for the Probabilistic Assessment of Existing Structures  
Diamantidis; Germany

Probability-Based Ship Impact Assessment of Bridges  
Enevoldsen, Arnbjerg-Nielsen, Lauridsen, Randrup-Thomsen, Rubin; Denmark

Reliability-Based Evaluation of Rehabilitation Rates of Bridge Groups  
Frangopol, USA; Gharaibeh, Jordan; Kong, USA; Miyake, Japan

Updating Models of Permanent Loads for the Evaluation of Existing Bridges  
Hirt, Bailey; Switzerland

Fatigue Reliability of Corroding Prestressed Concrete Bridges  
Maes, Dilger, Wei; Canada

Reliability of Advanced Carbon Fibre Composite Straps  
Winistoerfer, Meier; Switzerland

Comparison of Hazard Scenarios Using Probabilistic Methods  
Adey, Hajdin, Bruehwiler; Switzerland

Acceptable Risk in Assessment of Prestressed Concrete Roof Girders  
Ajdukiewicz, Kliszczewicz; Poland

---

Risk Assessment of Citycorp Center Original Design  
Billington, Katzman, VanMarcke; USA

Evaluation of the Residual Life of Existing Concrete Structures  
Capé, Italy; Engstroem, Sweden

Failure Risk Assessment of Welded Joints in Composite Bridges  
Cremona, Lukic; France

Performance Deficiency of a Department Store - Case Study  
Holicky; Czech Rep.

Reliability Analysis of Corrosion in Postensional Tendons: Case Study  
Izquierdo, Andrade, Tanner; Spain

Priorities in Earthquake Upgrading of Existing Inventories  
Koelz; Switzerland

Reliability Evaluation of Transmission Towers - Case Studies  
Ranganathan, India; Borude, United Arab Emirates

Reliability Analysis of Deteriorating Bridge Half Joints  
Sarveswaran, Chakrabarti, Roberts; Great Britain

Assessing a Dam's Structural Properties Using Forced Vibration Testing  
Cantieni; Switzerland

Reliability of Utility Tunnel Structures in Moscow  
Shilin, Pavlov, Kirilenko; Russian Fed.

Reliability Analysis of Reinforced Masonry Houses Excited by Earthquake  
Yang Weijung; China

#### **Working Session A4 Project, Construction and Operation Risks**

SiteRisk: an IT-Tool for Managing Risks at Construction Sites  
Andersen Tom, Madsen; Denmark

Structural Reliability Assurance - A Process Approach  
Czechowski; Poland

Durability and Service Life of Concrete Structures - The Owners' Perspective  
Faber; Switzerland; Rostam, Denmark

Zimmerberg Tunnel: Structural and Environmental Safety Management  
Mueller; Switzerland

Reliability-Based Inspection Planning for RC Highway Bridges  
Sterritt; Chryssanthopoulos, Shetty; Great Britain

Allocating Stochastic Costs in Joint Projects  
Tanimoto; Japan

Risk Analysis Method of Human Deviation in Operational Situations  
Vanderhaegen, Polet; France

Safety Analysis and Target Safety Index of Buildings during Construction  
Fang, Geng, Liu Xila; China

Control Measurements for Bridge Launching  
Gomez Navarro, Spain; Lebet, Switzerland

---

Risk Identification and Management in the Rehabilitation of a Skyway  
Li Edward, Young; Canada

Application of Limit State Theory to Tender Adjudication  
Retief, Ker-Fox; South Africa

Risk Compensation in Execution Phase: from Bottleneck to Inertia  
Kaplinski; Poland

Quality Assurance Measurements as Means of Quality Failure Risk Reduction  
Lisowski, Szklennik; Poland

Developing of Risk Management System for Contractor Firms in Turkey  
Tas; Turkey

### **Working Session B1 Risk Engineering**

Safety of Railway Tunnels in Greece  
Diamantidis, Germany; Xanthoulis, Greece

Risk of Oil Pollution due to Ship Collision with Offshore Wind Farms  
Randrup-Thomsen, Andersen Lars, Gaarde; Denmark

Probabilistic Seismic Hazard Scenarios  
Rasulo, Faccioli; Italy

Swiss Approach to Assessing the Risk of New Methane Pipeline Projects  
Schiess, Pluess; Switzerland

Safety Assessment of Structures Exposed to Railway Impacts  
Schlatter, Fermaud, Switzerland; Wigley, Great Britain

Integrating Travel Time and Capacity Reliabilities of a Road Network  
Tang, Yang Hai, Lo, Lam; Hong Kong, China

The Reliability of our Engineering Process: Reliable or Not?  
Van der Horst; The Netherlands

Risk Analysis in Flood Prone Areas - A Case Study  
Voortman, Jak; The Netherlands

Interpretation of Seismic Hazard from Viewpoint of Building Damage  
Ishida; Japan

Reliability Analysis of Power Engineering System with Identical Seismic Risk  
Li Jie, He; China

Fire Consequences on Motorway Bridges  
Trouillet; France

Uncertainties Related to Hazard Functions of Accidental Explosions  
Vaidogas; Lithuania

The Sensitivity of Quantile Estimates to the Distribution Shape  
Van Gelder, Vrijling, The Netherlands; Pandey, Canada

### **Working Session B2 Risk Acceptance Criteria**

Examination of the UK Traffic Loading Criteria Using Four Approaches  
Das; Great Britain

---

Dam Safety Evaluation in Sala, Sweden  
Fridolf; Sweden

Time Effects and Uncertainty in Criteria for Tolerable Risk  
Lind; Canada

Characterising Risk for Performance-Based Building Regulation  
Meacham; USA

A New Approach for Setting Target Reliabilities  
Rackwitz; Germany

Spalling Risks, Durability and Life-Cycle Costs for RC Structures  
Stewart; Australia

Integral Optimisation of Land Reclamation in the North Sea  
Stroeve, Sies; The Netherlands

A Risk-Based Optimisation Strategy for Large-Scale Flood Defence Systems  
Voortman, Vrijling; The Netherlands

Model for a Socially Acceptable Risk Level  
Kun, Benedikt, Szasz; Hungary

Wildcat Creek Pedestrian Bridge - Design for Safety  
Redfield; USA

Optimization of Preventive Maintenance and Spare Provisioning Policy  
Brezavscek, Hudoklin; Slovenia

Transient Serviceability Limit States of Buildings in Mining Areas  
Kawulok, Sulimowski; Poland

Risk Analysis and Management of Infrastructure  
Shanmuganathan, Triggs; New Zealand

Financial Risk Assessment of a Port Development Options  
Trbojevic; Great Britain

### **Working Session B3 Decision Support**

Unavailability of an Elevating Station by Discrete Event Simulation  
Amaral Netto, Oliveira, Frutuoso e Melo; Brazil

Evaluation of Uncertainties in Cost Estimations  
Boschloo, Van Gelder, Vrijling; The Netherlands

Application of Risk Aversion for Engineering Decision Making  
Kroon, Hoej; Denmark

Applications of Reliability Engineering in Fastening Technology  
Kunz, Liechtenstein; John, Switzerland

Identification of Major Accident Hazards  
Laitinen; Finland

Quantification of Risk Variables to Select Bridge Proposals Using Fuzzy-Sets  
Ramirez Marquez, Casas; Spain

Using Cases and Probabilistic Analysis for Monetary Risk Assessment  
Smith, Raphael, Dubey, Robert-Nicoud, Blanc, Simonato; Switzerland

---

Network Methods for Optimization in Construction Management  
Szafranko; Poland

Non-Deterministic Parameters in Information Models  
Beucke, Grosche; Germany

Risk Evaluation for Underground Pipeline Rehabilitation Options  
Hastak, Gokhale, Thakkallapalli, Vedder; USA

Design Tool for Computation of Safety Factors  
Hoogenboom; The Netherlands

Using Fuzzy Decision Analysis for Theory Structures Safety  
Rzadkowski; Poland

### **Working Session B4 Reliability in Geotechnical Engineering**

Assessment of Safety against Slope Failure of Earth Structures  
Calle, Van der Meer; The Netherlands

The Reliability of Cantilever and Anchored Sheet Pile Walls  
Cherubini, Garrasi, Giotta; Italy

Reliability of Piled Raft Foundations  
Koenig, Soukhov, Ahner; Germany

Risk Analysis for the Metro 4 Line in Budapest  
Kolic, Austria; Gulyasz, Hungary

Reducing Uncertainties and Risk in the Soil by Coupling of Techniques  
Moussouteguy, Breyse, Chassagne; France

Fuzzy Fault and Event Tree Analysis of Landslide Risk  
Tang, Hong Kong, China; Wang, USA

Reducing Intervention Time and Costs by Applying Reliability Analysis  
Tanner, Ortega Luis; Spain

Modeling and Reliability Analysis of Lining Structures in Chinese Tunnels  
Wang, USA; Zhang Qin, China

Seismic Reliability Analysis of High Voltage Electrical Installations  
Li Jie, Jiang; China

Reliability and Safety of Buildings Treated with Mining Shocks  
Sniady, Sieniawska, Zukowski; Poland

### **Working Session C1 Lessons from Failures**

Failure of a Building in Rio de Janeiro  
Do Valle; Brazil

A Fault Tree Construction Method Using Ship Collision Reports  
Kita; Japan

Failures of Modern High-Rise Building Facades and Components  
Nugent, Schmidt Mark; USA



---

Construction Failures: A Platform for Improvement  
Ortega Ilias, Bisgaard; Switzerland

Lessons of Russian Reinforced Structure Failures  
Sniatkov, Souponitski, Grigoriev; Russian Fed.

Truck Impacts on French Toll-Motorway Bridge's Piers  
Trouillet; France

Lessons from Incidents and Failures of Dam Constructions  
Vogel; Austria

A Study on Maritime Risk  
Wolski; Poland

Collapse Analysis of a Large Span Roof Steel Structure  
Fakury, De Paula, Martins Gonçalves, Da Silva Roberto; Brazil

Risk of Accidents Due to Vehicle Bridge Collision  
Kamaitis; Lithuania

Towards Ensuring Greater Structural Reliability through Legislation  
Neale; Great Britain

### **Working Session C2 Risk Control**

Natural Fire Safety for Buildings  
Cajot, Schleich; Luxembourg

Malta's Risk Minimisation to Earthquake, Volcanic & Tsunami Damage  
Camilleri; Malta

Safety Concepts and Risk Analysis for Dams  
Darbre; Switzerland

Basic Considerations on Risk-Based Inspection for Offshore Structures  
Goyet; France

Modelling of a Structure under Permanent and Fire Design Situation  
Holicky, Czech Rep.; Schleich, Luxembourg

Fire Protection of Property: Regulatory vs Performance Approach  
Respondek; Switzerland

Fire Risk Analysis of New National Archives in Copenhagen  
Schepper; Denmark

A New Approach to Safety of Base Isolated Buildings  
Schmidt Kathrin, Dorka, Bayer; Germany

Risk-Based Inspections of Welded Joints in Composite Bridges  
Cremona, Lukic; France

The Role of Ongoing Structural Assessment in Reducing Infrastructure Risk  
Robery, Head, Great Britain; West, Denmark

Measures for Risk Control on „Green Heart“ Tunnel, The Netherlands  
Leendertse, Jovanovic, Bakker; The Netherlands

Innovations in Safety for Construction and Persons during Tunnel Fires  
Rauch, Germany

---

A Multiversion Assessment of Structures Reliability  
Dubnitsky, Kharchenko; Ukraine

Assessment of Ageing Agricultural Buildings in Estonia  
Miljan Riina, Miljan Jaan; Estonia

Probabilistic Design of Concrete Elements Using Monte Carlo Method  
Wolinski, Poland; Kowalczyk, Portugal

### **Working Session C3 Risk Communication**

A Model of Error Causes in the Structural Design Process  
Adegoke; South Africa

Impact of Navigation Errors on Hydrotechnical Works  
Ciortan; Romania

Human-Factor Aspects in Engineering  
Favre; Switzerland

Comparative Risk Analysis for Deep-Water Production Systems  
Gilbert, Ward, Wolford; USA

Human Errors and Bridge Management Systems  
Nowak, USA; Thoft-Christensen, Denmark

Can We Learn to Accept Risks?  
Stoessel; Switzerland

Reliability-Based Expertise for the Establishment of Public Liabilities  
Tanner, Gutierrez; Spain

Risk Assessment and Risk Communication in Civil Engineering  
Vrouwenvelder, The Netherlands; Lovegrove, Canisius, Great Britain;  
Holicky, Czech Rep.; Tanner; Spain

Probabilistic Analysis as the Basis of Design of the Structures  
Ahlenius, Sweden

Communicate about Safety and Risk? First Show the Quality Label!  
Sterk, Rebel; The Netherlands

Symptom-Based and Model-Based Diagnosis as the Basis of Safety Engineering  
Natke, Germany; Cempel, Poland

Research and Education Issues in Safety, Risk and Reliability  
Ramalhoto; Portugal

### **Working Session C4 Benchmark Studies**

Methods for Treatment of Uncertainty in Quantitative Risk Analysis  
Abrahamsson, Johansson, Magnusson; Sweden

Uncertainties in Quantitative Risk Analysis for Road Tunnels  
Stiefel, Switzerland

Rail Tunnel Risk Assessment Benchmark Study  
Bradbury, Great Britain; Schneider Joerg, Switzerland

Structural Design and Reliability Benchmark Study  
Holicky, Czech Rep.; Schneider Joerg, Switzerland

## 附錄二、研討會相關照片



研討會會場 The Westin Dragonara Resort



會場工程資訊海報展示及本報告撰寫人