

導報灣港



季刊 No.57

要 目

- ❖ 台北港貨櫃儲運中心 BOT 之規劃
- ❖ 處於海洋環境之混凝土結構長期性能探討
——挪威之例
- ❖ 海洋環境下高性能混凝土之耐久性探討
- ❖ 廢玻璃在瀝青路面之應用
- ❖ 正朝向現代化商港邁進的海參崴

中 華 民 國 九 十 年 七 月 出 版

港灣報導季刊

第 57 期

交通部運輸研究所港灣技術研究中心

中華民國九十年七月

目 錄

一、台北港貨櫃儲運中心 BOT 之規劃 -----	1
顧志涵 基隆港務局業務組組長	
盧展猷 基隆港務局企劃課課長	
黃家祥 宇泰工程顧問公司組長	
二、處於海洋環境之混凝土結構長期性能探討—挪威之例 ---	15
郭石盾 高雄港務局副總工程司	
三、海洋環境下高性能混凝土之耐久性探討 -----	24
張道光 交通部運輸研究所港灣技術研究中心助理	
饒 正 交通部運輸研究所港灣技術研究中心副研究員	
陳桂清 交通部運輸研究所港灣技術研究中心副研究員兼組長	
四、廢玻璃在瀝青路面之應用 -----	36
蘇 南 國立雲林科技大學營建系所副教授	
陳金獅 交通部公路局幫工程司暨雲林科技大學研究生	
五、正朝向現代化商港邁進的海參崴 -----	42
陳文樹 郵政研究所研究員	

台北港貨櫃儲運中心BOT之規劃

顧志涵 基隆港務局業務組組長

盧展猷 基隆港務局業務組企劃課課長

黃家祥 宇泰工程顧問有限公司組長

一、前言

台北港位於淡水河出海口南岸台北縣八里鄉海域，原為基隆港務局(以下簡稱基港局)為配合東砂北運所興建之國內商港，民國86年為因應北部地區海運需求，陳奉行政院提升為基隆港之輔助港。以進泊5,000TEU第四代貨櫃輪及6.6萬噸級巴拿馬極限散裝貨輪為目標，外廓防波堤總長12,000m及港區水域2,587公頃；另依運量成長需求規劃50席營運碼頭及8席非營運碼頭，碼頭總長度14,798m，港區新生地515公頃。如圖一所示。

依行政院民國88年3月核定之「台北港整體規劃及未來發展計畫」，政府僅投資興建台北港外廓防波堤及港埠公共設施，港內碼頭及棧埠等營運設施將以開放民間投資經營為原則。於台北港第二期工程計畫中，西碼頭區W06～W12碼頭及後線倉儲區規劃為貨櫃儲運中心，其位置如圖二所示。基港局為期擴大民間參與投資範圍，並奉交

通部指示，依據「促進民間參與公共建設法」第8條第1項第1款(即Build-Operate-Transfer，BOT模式)，獎勵民間機構投資參與興建暨營運台北港貨櫃儲運中心。

本文謹就台北港貨櫃儲運中心BOT案之計畫性質、基本規定、政府承諾與配合事項，及甄審作業規定之規劃構想與研究成果說明如后，以期對政府辦理促進民間參與港灣工程交通建設案有初步了解。

二、本案計畫性質及基本規定

(一)建設目的

1. 獎勵民間機構闢建大型貨櫃儲運中心，吸引遠洋貨櫃母船彎靠，分擔北部地區成長貨櫃運量。
2. 降低北櫃南運需求，紓解內陸交通。
3. 建立貨櫃海運轉口基地，營造倉儲物流中心發展潛力。
4. 掌握台北港基本貨源，促進港埠發展。

(二) 本案獎勵投資興建工程項目

台北港貨櫃海運主要發展目標為吸引大型航運公司設立母船之轉運中心。為期營造具有區域海運競爭力之經營規模，基港局擬將第二期工程範圍內之 7 席貨櫃碼頭交由民間機構，以企業聯盟或單一公司籌組成立特許公司，配合貨櫃運量成長，分期投資興建暨營運。本案將依促參法第 8 條第 1 項第 1 款方式（即 BOT 模式）獎勵民間機構參與投資興建暨營運。投資興建工程項目分為營運設施及港埠基礎設施兩部份。營運設施興建完成後，將提供民間營運使用，營運期滿轉移政府所有。港埠基礎設施為維繫營運設施正常使用之必要設施，將併同本案依特許契約規定由特許公司辦理投資興建工作，興建完成後應將其產權移交政府所有，並由基港局管理及使用。

1. 營運設施

(1) 營運碼頭工程

特許公司應投資興建 W06 碼頭(含 W05 碼頭與 W05 碼頭間銜接段)、W07 碼頭、W08 碼頭、W09 碼頭、W10 碼頭、W11 碼頭、W12 碼頭(含北內堤 40m 銜接段)。碼頭總長合計 2,355 m。

(2) 櫃場土木建築工程

特許公司應於 W6~W12 倉儲區，依營運方式投資興建貨櫃儲存場場地鋪面、貨櫃集散倉棧、辦公室、維修保養廠

房等設施土木、建築與水電工程。

(3) 作業機具採購

特許公司應依營運方式及運量需求，購置營運範圍內橋式機及貨櫃搬運作業機具。

(4) 附屬設施工程

特許公司應依興建計畫及興建技術規範，投資興建營運範圍內道路、給水、排水、污水、電力、電信、照明、圍籬等附屬公共設施。

2. 港埠基礎設施

(1) 港池浚渫造地工程

特許公司在開始營運前，應先完成浚渫台北港航道、迴船池、船渠水域。浚渫土方應填築西碼頭區環港道路用地，以及 W06 ~ W12 碼頭後側倉儲區用地。不足土方量基港局將指定區域，由特許公司配合後續碼頭興建進度浚渫取土。新生地填築後，特許公司應進行邊坡保護、地盤改良及定沙覆蓋工程。

(2) W05 碼頭兼護岸工程

為維繫 W06 碼頭正常使用，特許公司應投資興建 W05 碼頭兼護岸工程。本碼頭兼護岸長 200m，水深 CD.-9.0m。

(三) 設計準則

1. 台北港貨櫃儲運中心興建技術規範

2. 交通部頒，港灣構造物設計基準—碼頭設計基準及說明

(四)興建營運移轉之要求

1.特許期間屆滿時資產之移轉

本案特許公司在特許期間屆滿前5年以內，經基港局同意所增置或汰換之資產，以及在營運期間內，特許期限屆滿前經基港局同意所購置橋式機及門式機，且具有未折減餘額之資產，依特許期間屆滿時之現狀有償移轉予政府。在此之前所投資之營運資產，除另有議定者外，依特許期間屆滿時之現狀無償移轉予政府。

2.特許期間屆滿前資產之移轉特許公司放棄興建營運權，或因特許公司缺失及違約責任，政府撤銷及收回興建暨營運許可情形下之資產，特許公司應依特許契約終止時之現狀無償移轉予基港局。

基港局與特許公司雙方同意終止契約，或政府基於政策變更、不可抗力等非歸責於特許公司之因素，政府收回興建暨營運許可，則資產應依特許契約終止時之現狀鑑價後有償移轉予政府。上述土地、建築物、土地改良物、及其他資產如有出租、出借或設定任何債權或物權之一切負擔者，特許公司應於移轉上開資產予政府前，除去該等資產上之一切負擔。但經政府同意保留者，不在此限。

(五)特許權範圍與期限

1.特許期間

自完成特許契約簽訂之日起

，不超過50年為限。特許期滿，特許公司經基港局評定營運績效良好，基港局得與該特許公司優先議約委託其繼續營運。

2.工程興建時程要求

本案特許公司得依興建計畫，完成部份碼頭及倉儲設施後，在可確保船舶航行及作業安全之原則下，經勘驗合格，局部區域得先行開放營運。特許公司最遲應自特許契約簽訂之日起，4年內對外開放營運，7年內完成W06～W09碼頭及後線固定設施(建築物及土地改良物)並開始營運；並應自完成特許契約簽訂之日起，10年內完成W10～W12碼頭及後線固定設施並開始營運。作業機具採購，得依營運計畫及運量成長逐期增購。

3.特許權範圍

(1)投資興建權

特許公司將取得本案營運設施及港埠基礎設施投資興建之權利。

(2)營運權

A.營運範圍

特許公司於特許期間，將取得W06～W12碼頭、後線倉儲區及環港道路用地之專屬經營權，面積約110.1公頃。

B.經營內容

特許公司應以公用碼頭方式經營船舶碇泊(不含船舶拖帶)、貨櫃裝卸、轉運、運輸、倉儲、貨櫃維修等

業務。

(3)地上權

特許期間內，基港局將提供營運範圍內土地，以設定地上權方式供特許公司開發利用。

三、政府承諾及配合事項

(一)政府辦理事項

1.管理與監督

基港局依促進民間參與公共建設法、商港法、國有財產法、國際商港棧埠管理規則、國際商港港務管理規則，及其他相關法令及計畫執行本案之管理與監督。

2.完成必要外廓防波堤設施

基港局將配合完成北外廓防波堤興建工程，以利特許公司之航道浚挖及櫃場新生地回填工程進行。另配合特許公司之開始營運，基港局亦將延建北外廓防波堤至第二期工程計畫規模，以提供靜穩港區水域。

3.辦理必要公共設施興建工程

基港局將依「台北港整體規劃及未來發展計畫」所核定第二期工程建設計畫，配合特許公司營運時程需求，辦理政府所應投資興建必要公共設施。

4.航道、港渠水深維持

在特許公司營運期間，基港局將維持台北港航道、迴船池水域之設計深度，以確保船舶進出港操航安全。

5.辦理台北港聯外道路興建工程

政府將於特許契約規定期限

內完成八里新店線東西向快速道路興建工程。

(二)政府協助事項

1.提供融資協助

本案政府將不補貼特許公司貸款利息。特許公司應自行向金融機構申請融資，基港局僅提供下列協助，但不保證特許公司可取得該項融資。

(1)視融資需要，依促參法第51條規定，同意特許公司將其因興建、營運而取得之營運資產、設備設定負擔予融資機構或其指定之第三人。

(2)基港局協助特許公司依有關規定向行政院經濟建設委員會申請運用「中長期資金」。

2.提供租稅優惠

特許公司投資興建暨營運計畫經主管機關核定為重大公共建設，得依促參法及其相關子法規定，向財政部或稅捐稽徵機關申請租稅優惠，基港局僅提供必要之證明與協助。

3.提供土地租金優惠

特許公司如經財務計畫評估，本案投資報酬率低於 15 % (含) 以下，得依促參法第 15 條規定，向基港局申請土地租金優惠。

4.提供先期施工場地

基港局將提供台北港東碼頭區部份土地，供特許公司提出申請租用，作為工地辦公室及工程材料堆置場使用。

5. 公用設施申設

基港局將協調電力公司、中華電信、自來水公司等公用事業單位，完成港區公用設施佈設，以因應特許公司興建暨營運需要。

6. 提供港勤服務

基港局將規劃完善港勤服務設施，並成立港勤服務公司或授權特定公司，經營台北港相關引水、拖船、給油、給水等業務，以提供抵港船舶港勤服務。在台北港港勤服務公司未成立前，或民間無參與港勤服務公司投資經營意願，基港局將先調派基隆港既有職工及船舶，辦理台北港必要港勤服務工作。

(三) 政府同意事項

1. 在契約規定期間，以不公開方式籌足登記資本額

政府將依公司法第 156 條規定，同意特許公司在契約規定期間，以不公開方式分期募足登記資本額。

2. 同意主要融資機構介入

興建營運期間，特許公司放棄興建營運權，或因特許公司缺失及違約責任，足以影響興建時程、工程品質、或貨櫃正常進出口者，政府將同意融資機構介入改善，並得允許在契約規定期間內，由政府及主要融資機構另行指定或籌組特許公司接續興建或營運，並承受債務及權利。

四、甄審作業規定

(一) 甄審委員會組織

本案將依促參法第 44 條規定，組成甄審委員會。基港局將配合甄審委員會之要求成立工作小組，協助辦理甄審作業。

(二) 作業流程及時程

本案申請作業流程及評審時程初步擬定如圖三所示，後續將依本案核定時間，並經甄審委員會確認評審時程及評決方法，報呈交通部核備後，併同申請須知公告之。

(三) 申請及評審程序

1. 申請程序

申請人先依規定提送資格證明文件進行資格審查，經評定為合格申請人後，甄審委員會再通知申請人依規定提出投資計畫書。

2. 申請保證金

資格審查後，不合格之申請人或未獲選為最優申請人，所繳納之申請保證金將無息退還。

3. 甄審程序

甄審作業分二階段進行。第一階段為資格審查，甄審委員會就有意願投資之申請人之資格及能力進行審查，評定合格申請人。第二階段為綜合甄審，將依據合格申請人提出之投資計畫書等資料進行甄審，以甄選出台北港貨櫃儲運中心最優申請人。

甄審委員會得先進行初步評選，就合格申請人所提出投資計

畫書等，併同資格文件進行評比，擇優選出二～三家為入圍申請人。

(四)評決方法

將經甄審委員會確認評審時程及評決方法後，併同申請須知公告。

(五)協商及議約等相關事項

1. 協商、議約方式

(1) 議約原則

基港局與最優申請人本於合作精神及不違反本申請須知及各項公告內容進行議約。

(2) 議約及簽約時程

最優申請人應自接獲評定核准通知翌日起，於 60 日內與基港局完成議約。經評定為貨櫃儲運中心之最優申請人，如未能依促參法第 45 條規定，按評定規定時間籌辦並與基港局完成特許契約之簽約手續時，是否得延展簽約期限及延展期限之方式，或得否由次優申請人遞承為最優申請人，或重新辦理公告，應於甄審委員會評決會議決定。

上開議約結果經報請交通部及甄審委員會議決核准後，由基港局與最優申請人完成簽約。若交通部及甄審委員會不同意前開議約結果時，由基港局與最優申請人將依甄審委員會所訂期限及議決內容再行協商之。

除經同意展期外，最優申請人如無法於指定期限內完成議約及簽訂特許契約時，則視同最優申請人已放棄訂約，基港局不返還最優申請人之申請保證金。

(3) 特許公司之設立

最優申請人應於特許契約簽訂翌日起三個月內，完成特許公司之設立登記。企業聯盟組成成員應以公司發起人身份籌辦特許公司，不得更換。辦理特許公司設立登記或變更登記時，其登記資本額不得少於投資總額之 25 %。特許公司如有非中華民國國民或法人組成，則其持股比例以不超過交通部核定上限為原則。

特許公司須概括承受最優申請人在甄審、議約等作業階段所同意之各項約定，及與基港局達成之各項協議。

2. 履約保證金

(1) 興建期間履約保證金

特許公司將需繳交履約保證金，基港局將依工程進度分期退還。

(2) 營運期間履約保證金

開始營運之日起特許公司將定期需繳交履約保證金，並依行政院主計處編訂之物價統計月報中之年躉售物價指數總指數調幅調整之。

(六) 申請人資格條件

1. 申請人

參與本案之申請人應為促參法第4條規定之民間機構，且符合下列行業及條件之單一公司，或企業聯盟代表。單一公司申請人，或企業聯盟之代表申請人應為依中華民國公司法設立經營下列行業之公司。

- (1)船舶運送業
- (2)海運承攬運送業
- (3)船舶貨物裝卸承攬業
- (4)貨櫃集散站經營業
- (5)汽車貨櫃貨運業
- (6)其他經交通主管機關核准之行業

以上申請人限中華民國法人，但外國政府以同樣權利給予中華民國法人，並經交通部核准者，不在此限。

2. 企業聯盟組成

- (1)申請人得另邀集其他業者，以共同合作方式組成企業聯盟，由申請人代表參與本案之申請，但應符合公平交易法第11條及促參法第4條之規定。
- (2)各組成成員所持股份佔特許公司實收資本額 20 % 以上者，不得參加其他申請人之企業聯盟。
- (3)外資所佔企業聯盟之總股份，不得逾交通部核定比例上限為原則。

3. 申請人財力資格條件

本案將分別對單一公司申請人及企業聯盟申請人規範之財力資格條件。

(七)投資計畫書內容及格式

1. 投資計畫書格式

應以中文為之，並摘要投資計畫書之內容，作成投資計畫書摘要。

2. 投資計畫書內容

本案投資計畫書應載明包括特許公司籌組計畫、公司組織及管理計畫、短中長期營運目標及期程、運量預估、興建計畫、營運計畫、環境保護及其執行方案、財務計畫、對興建暨營運契約草案之建議、土地暨營運資產移轉計畫、其他相關資訊或建議等。

(八)主要融資機構提送文件

1. 融資意願書

合格申請人於第二階段綜合甄審階段，應提出融資機構對於本投資計畫書之評估意見，並提出融資意願書或融資委託接受函，其中應敘明提供貸款之前提條件。

2. 融資委託接受函

入圍申請人於綜合甄審階段，按協商時同意修正之投資條件及承諾事項，於基港局規定期間內，重提投資計畫書，及主要融資機構對於本投資計畫書之評估意見與融資委託接受函，其中應敘明提供貸款之前提條件及貸款內容（包括貸款期限、利率、金額、費用及還款方式等）。

3. 融資協議書簽訂

最優申請人應於甄審委員會

規定期間內，與主要融資機構簽訂該融資機構董事會同意之融資協議書。融資協議書內容應承諾同意邀集其他融資機構共同承貸建設計畫所需之資金及貸款內容。

4. 融資契約簽訂

特許公司於投資契約簽訂完成後，應依甄審委員會所規定期限內，與主要融資機構完成融資契約簽訂。

(九) 港埠業務費率訂定及調整時機之原則與程序

1. 特許公司得向營運範圍內碼頭、作業機具及倉儲設施等之使用人，收取港埠業務費用。
2. 本案特許公司應依「台北港貨櫃儲運中心費率標準、調整時機與方式實施規定」，自訂收費項目類別及費率標準，並報請交通部同意後實施。
3. 基港局指泊之其他非貨櫃船隻，前款特許公司得收取項目及費用，由特許公司及基港局依「基隆國際商港港埠業務費率表」各收取 1/2。

(十) 權利金收取及調整時機之原則與程序

1. 權利金收取方式

本案擬將「地上權權利金」及「經營權利金」合併為「權利金」一項收取。特許公司應於基港局核定開始營運之日起，依下列規定按期繳納固定權利金及變動權利金：

- (1) 固定權利金：由特許公司依財務計畫擬定每席碼頭每年繳交金額。
- (2) 變動權利金：按貨櫃裝卸櫃數（含進口、出口、轉口、轉運、翻艙櫃），以每TEU（相當於20呎標準櫃）為單位，依契約所定進出口櫃及轉口櫃（含轉運櫃及翻艙櫃）權利金費率計繳。變動權利金費率由特許公司依財務計畫擬定，並經特許公司與基港局協議後確定之。
- (3) 特許公司應於財務計畫書中提出每席營運碼頭每年最低保證貨櫃裝卸櫃數（含進口、出口、轉口、轉運櫃，不含翻艙櫃），但以不少於25萬TEU為原則。特許公司得就超出保證裝卸櫃數部份，提出階梯折扣費率建議，並經特許公司與基港局協議後確定之。
- (4) 特許公司應於財務計畫書中提出每席碼頭每年最低應繳變動權利金。特許公司依總實際貨櫃裝卸櫃數與費率所計算應繳變動權利金除以營運碼頭席數，如小於每席碼頭每年最低應繳變動權利金，應依基港局所定期限內補繳其差額。
- (5) 特許公司所興建碼頭及倉儲區以分期營運方式，其最低保證運量及最低應繳權利金，應依實際營運碼頭席數，以及該年營運時間比例計算。特許公司碼頭興建期間如超過契約所規定期限，最低應繳權利金應依

契約所訂營運碼頭席數計繳。

2. 調整時機原則與程序

特許公司應自開始營運之日起，依本計畫書「台北港貨櫃儲運中心權利金費率調整方式實施規定」，定期或不定期調整經營權利金計繳費率。

(二) 資產設備轉讓、出租或設定負擔原則

1. 資產設備轉讓、出租原則

本案因興建或營運所取得之資產及設備，非經基港局同意不得轉讓、出租或設定負擔。

2. 資產設備設定負擔原則

本案視融資需要，同意特許公司將其因興建、營運而取得之資產及設備設定負擔予融資機構或其指定之第三人。特許期限屆滿時或屆滿前終止特許契約，特許公司應塗銷或排除資產所存在負擔，依規定有償或無償移轉基港局。但經基港局同意保留負擔者，不在此限。

(三) 違約及爭議、不可抗力或除外情事處理原則

1. 缺失及違約處理原則

本案將明定缺失及違約成立要件，缺失處理原則將由基港局通知限期改善，特許公司缺失未改善或未達改善標準，足以影響興建及營運，且情節重大者，得以違約處理。

違約處理原則得報請交通部停止興建或營運一部或全部、撤

銷興建或營運許可，或終止契約。

2. 爭議處理原則

本案將依契約草案第 65 條規定成立「協調委員會」，就契約未盡事宜、爭議事項協商解決。爭議事項經協調委員會協調 3 個月後仍無決議，或任一方對決議仍有異議，得以仲裁方式解決。

(四) 融資機構介入及介入權行使

1. 為保障融資機構之權益，並讓融資機構有機會協助解決本契約之違約或不可抗力或除外情事，基港局同意融資機構享有介入之權利，必要時並得允許主要融資機構與基港局另行指定或籌組特許公司接續興建或營運，並承受債務及權利。

2. 特許公司在特許期限屆滿前所應移轉資產，如有設定負擔予融資機構或其指定之第三人，且未償還其融資貸款，將由基港局與主要融資機構另行指定或籌組特許公司接續興建或營運。基港局得報請交通部同意，將應移轉資產保留負擔下，移轉由接續興建或營運之特許公司承擔。

(五) 落選入圍申請人補償

落選入圍申請人或未能達成議約之最優申請人，基港局將不作任何補償。

(六) 公告內容可變更及不可變更事項

本案之申請須知將明定不可變更內容及事項；其他公告事項

如經甄審委員會同意，將允許作適度修訂變更。

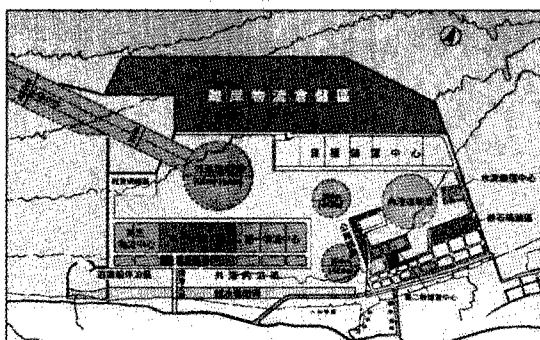
本案興建暨營運契約書草案及興建技術規範，除申請須知中特許營運內容所規定事項，其他內容將經議約程序確定。

五、參考文獻

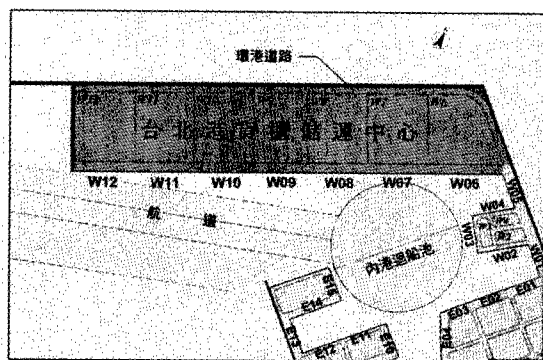
1. 促進民間參與公共建設法及實行細則
2. 商港法、國有財產法、國際商港

棧埠管理規則、國際商港港務管理規則

3. 中華民國公司法、公平交易法
4. 基港局，台北港整體規劃及未來發展計畫，1999
5. 行政院、民間參與公共建設申請審核作業注意事項
6. 行政院、交通部暨所屬各機關辦理民間參與交通建設作業實施要點



圖一 台北港整體規劃及未來發展計畫



圖二 貨櫃儲運中心投資經營範圍



圖三 甄審作業流程及時程

處於海洋環境之混凝土結構長期性能探討—挪威之例

郭石盾 高雄港務局副總工程司

一、簡介

由於甚長而斷續的海岸存在許多狹灣(Fjords)和無數島嶼，挪威在傳統上使用混凝土作為港口與港灣，甚至是海岸橋樑的施工材料。新的趨勢也擴大到連接海峽之浮橋及海底隧道等。最近又快速發展在外海結構物(Offshore Install 嬰InNs)，如北海(North Sea)油及氣的鑽探設施興建上如附圖 1-1A 所示。因此，從1973-1995年，已有總數共 28 項重大混凝土結構包括 250 萬立方公尺以上混凝土被列為建材使用，其中大部份由挪威生產供應。

由於應用在外海工程的混凝土所訂規範與實施準則比一般傳統工程嚴格許多，所以，以北海地區外海工程所展現的長期性能比較，在相同時限內，比一般挪威海岸工程混凝土有相當的優異性。同時，對陸上混凝土建物之規定服務年限(Specified Service life)大都比北海海外海結構物用所使用者高兩倍。

本文所述，目前所獲取之混凝土工地性能以及工程實施準則，包括在海洋環境中混凝土結構之服務

年限(Service life)控制策略。

二、混凝土工地性能

(一)港埠及港灣結構

從1962-1968年，在挪威曾經從事一項對挪威港口廣泛的混凝土結構物長期性能探討計劃。在針對約219種結構物的調查中，其中絕大部份屬安置於預鑄，細長混凝土柱墩上之開放式混凝土版。工地的實地探討包括190,000M²混凝土版(Deck)和5,600柱墩(Pillars)，全長約53公里的混凝土結構物設施，其中約20公里屬水下建物。

整個研究計劃完成後所發現的結果幾乎所有建物情況均佳。有些即使已達50-60年之服務年限，尚能展現抵抗最嚴勵海洋暴露以及重載荷重雙重效應的顯著能力。然而，幾乎所有被調查的結構物都有鋼筋腐朽現象(Steel corrosion)，或因鋼筋腐蝕而作過修補，而且，第一眼即可看出鋼筋的腐蝕典型都發生在5-10年服務年限之後，主要是因那些結構物部份是經常暴露於乾、濕狀態，諸如混凝土版主梁或大梁(Deck beams and girders)屬最

容易受到鋼筋腐蝕部份。

對鋼筋腐蝕(Steel corrosion)

即使做了詳細的修復，很典型地，也只能增加有限的服務年限，一般計短於10年。一般作法，是將局部受損部位先予清除，然後再以新混凝土修復。對此類修復一般未能查覺到局部的修復會引起混凝土電解質條件(Electrolytic conditions)的局部破壞改變，結果造成鄰近範圍內鋼筋的腐蝕率(Rates of corrosion)加速。

經過前述探討，目前在挪威對港灣混凝土結構的設計與施工也作全盤性的改變。然而，於最近再進行對挪威港灣工程廣泛深入的實地調查，以最近25-30年完之工程而論，又發現另一快速且失控的氯化物穿透(Chloride penetration)現象，會使混凝土建物在5-10年服務年限內造成腐蝕問題，如附圖 1-1 所示。

對大部份的挪威港灣結構物，目前所訂定的混凝土規範，有關規定混凝土品質和混凝土保護層以達傳統耐久性需求均能獲得良好的控制。

但對某些建物結構，超出現有規範，訂定更高混凝土品質及較厚保護層者，則顯現更佳的效果。然而，對調查結果顯現最佳性能者則屬該些作額外表面保護(Additional surface protection)，例如施以實體保護塗膜(Solid protective coating)之混凝土結構。

(二)海岸橋梁

最近針對挪威海岸300多座混凝土橋梁進行實地勘察結果發現大約有50%以上橋梁已經發生不等程度的鋼筋腐蝕，或因鋼筋腐蝕而進行修復。該些橋樑大致均在25年前左右興建，其中一座在達服務年限25年時就必須拆除。對大部份其他橋梁，氯化物之入侵混凝土已遠超鋼筋層。

同時，在其他各國，廣泛深入的調查也發見由於混凝土橋暴露於海洋環境而造成鋼筋腐蝕的嚴重問題。由於廣泛的耐久力問題，最近已經有很多國家著重於改善混凝土橋的設計及施工規範。因此，在挪威，由挪威高速公路局(Norwegian Highway Authority)新訂之混凝土橋新規範比現有之挪威混凝土規範(Norwegian Concrete Code)嚴格許多。

(三)外海結構物

儘管在北海之惡劣環境，轄區內所設定之鑽油平台每年必須受到海水之濺灑，但很少，甚至沒有有關建物鋼筋受到侵蝕的報告。

對北海所設置之任何外海設施，不論是水面或水下部份，都做有定期性的檢查。到目前為止，最嚴重的問題僅有卸船所發生的嚴重撞擊事故及物件掉落的損壞情事，而大部份的混凝土表面調查結果情況都很多，未曾發現任何惡化的情形。在對7座建於1973-1978之最古老的

平台做詳細的調查後，根據 1982 年的報告，情況都很理想。尤其於最近，經調查 Gullfaks oil Field 的混凝土平台 (concrete platforms) 時，展現情況相當理想，未曾發現任何混凝土鋼筋腐蝕之情事。

然而，定期的從事北海高品質設施混凝土之氯化物入侵 (Chloride Penetration) 則顯示緩慢穿透。附圖 1-2 及附圖 1-3 表示氯化物穿透 Statfjord A 平台 (1997) 及 Ekofisk Tank 平台 (1973) 之情況，為該二座分別於暴露 8 年及 17 年時之情境。圖 1-4 及圖 1-5 則顯示 Brent B (1975) 及 Brent C (1976) 平台之氯化物入侵情境，該二平台均於暴露 20 年所測得之資料。至於 Osberg A 平台 (1988)，因保護層較薄，因此，腐蝕問題已經發生，正考慮從事陰極防蝕 (Cathodic protection) 保護。

三、規範與施工準則

自從 1960 年代北每第一個混凝土平台案例推出，外海技術界對使用混凝土作為外海結構物的材料甚表懷疑。然而，在同時卻有很多來自挪威海岸既有混凝土結構物的實地調查報導。由於其中不乏經過 50-60 年尚呈現良好性能的建物，因此說服了原抱持懷疑態度的外海技術界，使混凝土材料亦能做為北海外海結構物的興建材料。

然而，對北海國際經營單位 (平台使用者) 而言，由於混凝土材料於使用 5-10 年後便引起鋼筋腐蝕

的問題，並且修復困難，因此，不予接受。因此，為了使第一座外海混凝土平台 (Ekofisk Tank-1973) 能被接受建造，便提高了混凝土品質及加厚鋼筋保護層處理。

當 FIP 出版社於 1973 年第一次出版引荐“混凝土海上結構物設計與施工建議”，有關混凝土耐久性條件則依挪威海域廣泛實地調查所獲取經驗去規範。俟於 1977 年，當 FIP 建議第三次修訂版問世後，才有許多所謂的新國家及國際綱領及規範 (New National and international guidelines and codes) 因應而訂。

自從 Ekofisk Tank 鑽油平台於 1973 興建後，則有關混凝土品質條件持續加強。從 1973-1986 年，混凝土水灰比 (Water-cement ratio) 0.40-0.45，水泥含量 $> 400\text{kg/m}^3$ ，水泥透水率 (Concrete permeability) $< 10^{-13}\text{kg/pa.m.s}$ 才予規定。在同一年間，混凝土抗壓強度規定也不斷地從 45 增加到 70MPa，至於混凝土之最小保護層則需達到 50-75mm 以上。假如施作結果，保護層無法達到應有需求，則須補以混凝土表面保護 (Surface protection) 方法處理，如附圖 1-6 所示。

北海地區混凝土鑽油平台的甚佳性能，從 1970 年代即已達成。即使面對的是非常惡劣的海洋環境，也已設計成相當耐用之混凝土結構。其中，依據現有知識與經驗從事有關建物之服務年限設計 (Service-life design) 是非常重要的一環。

至於對陸上混凝土建物而言，有關混凝土抗壓強度的傳統需求在1980年代末期之前，大概幾乎僅限於混凝土的性能需求。於1970年代及1980年代之間，當許多國家大興土木之際，不論是港灣工程或海岸橋梁工程，採用典型的抗壓強度約為30-40MPa，而最小混凝土保護層則約25-50mm。

不論是港灣工程或混凝土橋結構，經勘察結果，在1970年以前興建之舊有建物顯示有較好的性能，這可能與1970年代早期混凝土工業快速發展有關，但當時不為施工單位（機構）所知曉。這種狀況直到1960年代後期，在挪威才研發強度30 Mpa，水泥含量400-500kg/m³之混凝土。到了1970和1980年代，當新有機及礦物混合物（Organic and mineral admixtures）引進後，則更新更有效的水泥就問世了。同時，對有關像配料生產及混凝土的拌合也發揮其最大作用。因此，逐漸地以較少水泥達成規範所規定的抗壓強度，當然，為了增加產能就忽略了人力的應用以及養生重要性。因此，使混凝土抗氯化物穿透以及避免埋設鋼筋腐蝕的能力相對減低。

混凝土施工時，工地人力不足和品質控制欠周時常會導致混凝土保護層不足。此一情況可由附圖1-7顯示，在1971-1981年期間，經對挪威2028混凝土橋梁實地查勘結果見得。這也顯示在許多國家反應的一般性問題，如附圖1-8所示，

N代表從挪威橋梁所觀測到的結果；而在日本情況也類似，以丁表示；而從阿拉伯灣(Arabian Gulf)所調查之100餘件混凝土結構顯示，如AG所示。

有關陸上混凝土結構物規範及施工標準在過去30年間已做過多次的修正，但大部份有關混凝土耐久性規範幾乎仍專限於混凝土組成、施工步驟以及養生條件等之修改，而抗壓強度也僅著重性能標準。對某些理由而言，這種描述的方法已經產生無效及無法滿足的結果。因此，極須把混凝土規範也列入有關服務年限設計及週期性管理（Life cycle management）的通則才成。

四、服務年限設計

最近幾年來，混凝土服務年限設計(Service life design)已在國際間普遍流行與採用。此一作法不僅用以分析混凝土服務年限及性能的問題，也是用以分析混凝土服務年限經濟(Service life economy)和服務年限生態(Service life ecology)的問題。依據現有經驗以及預期的環境暴露條件，有關混凝土之腐蝕率(Rates of deterioration)，也就是氯化物穿透或碳化率(Rate of chloride penetration or carbonation)必須加以評估。有關分析也須依據混凝土最重要的耐久性特性的特定問題進行研討，諸如：

- 抗水吸力(Resistance against water suction)
- 抗氯化物穿透(Resistance aga-

inst chloride penetration)

- 抗碳化(Resistance against carbonation)
- 抗電力(Electrical resistivity)

服務年限設計的基本原則是確保混凝土施工時最終耐用特性及保護層的須求達成。當對規範執行有所偏差時，補救措施必須於施工時一併執行。因此，服務年限設計旨在提供週期性管理(Life cycle management)，包括查驗與維修計劃的執行依據。

五、週期性管理

採用先進混凝土技術，生產足夠強度混凝土抵抗任何氯化物入侵是可辦到的。然而，依據在高氯化物含量環境對混凝土結構的實地經驗，有害氯化物的入侵鋼筋，即使對高品質混凝土，亦做有符合規定保護層者，也只不過是時間的問題。為了使氯化物入侵獲得控制，必須考慮混凝土之保護性表面處理(Protective surface treatment)或塗飾(Coating)保護。前述處理可於早期拆模時立刻塗上或以後再塗之。對在施工中將混凝土暴露表面作實體Epoxy coating的外海混凝土平台，即使經過15年的嚴厲暴露，也未曾發現有氯化物入侵的現象。

對大部份其他施工材料，接受定期性預防保養維護(Regular Preventive maintenance)也是必須的。這就是為什麼很多鋼橋即使經過100年服務期限後仍保持堪用狀

態的理由。從耐久性觀點而論，鋼結構與混凝土結構唯一的不同是混凝土結構所做預防性維護比鋼結構少，而混凝土結構耐久性愈好，則預防性的維護需求則愈少。

對北海所有的外海混凝土構造物從事現況的定期評估，並結合預防性保養維護已成週期性管理很重要的一部份。同樣地，對大部份其他工業領域的結構物或設施，作各種狀況定期的評估以及預防性維護也比照辦理。然而，對大部份陸上混凝土結構物的情況，卻直到先進的目測技術發現問題，才予處理。對氯化物引起的腐蝕而言，則修復時不但技術上有困難，有關費用與做定期監控及在適當階段施以保護塗飾或作陰極防蝕保護(Cathodic protection)者相比較，亦顯得昂貴許多。

對處於氯化物含量環境的混凝土建物，若能實施定期的氯化物對結構暴露部份穿透的監控，將可提供可靠的預防性保護，因此，可達較長之服務年限。原則上，氯化物穿透的監控可依定期鑽心及取樣(Regular coring and drilling of samples)作分析。然而，對新結構物可依埋設探測器(Embedded probes)監控，此類監控可作半自動或全自動系統辦理。即使對現有混凝土結構物，裝量探測器(Probes)從事氯化物穿透也是可行。不過，通常也可混合使用各種不同監控技術或不同保護方法從事混凝土服務年限設計及腐蝕防護策略(Corrosion pro-

ction strategy)管理。

六、結論

長久以來，由於無法掌控混凝土結構物之服務年限，致在修復、重建以及提早拆除時不斷的浪費國家資源，其所顯示的是技術和經濟問題。此一現象也顯現對天然資源，當然，也是生態問題的不當應用。

對處海洋環境中之混凝土建物，它並非混凝土本身具不完整性，相反的將因埋入鋼筋受到電化學腐蝕(Electrochemical corrosion)而造成極端且嚴厲的服務年限威脅。對此種環境，即使是具備高品質且具合乎標準保護層之混凝土建物，也會因氯化物的入侵而破壞混凝土內之埋設鋼筋，只是時間的長短而已。

對各種港埠及港灣工程建物而

言，混凝土之服務年限設計制度必須建立，而適當的週期性管理計劃也必須列管實施。為達成前述有利管理，定期的氯化物穿透監控(Monitoring of chloride penetration)以及相關預防性措施(Preventive measures)必須加以落實。(本文摘自出席第四屆國際海岸港埠及海事工程會議出國報告書)

七、參考資料

本文參考Odd E.GJORV, Professor, Dr techn. Norwegian University of Science and Technology-NTNU, N-7491, Trondheim. Norway, 在20-24, Nov.2000於伊朗班達阿巴斯(Bandar Abbass)所舉行, "4th International conference on Coast, Ports and Marine Structures"之Keynote speech彙整。

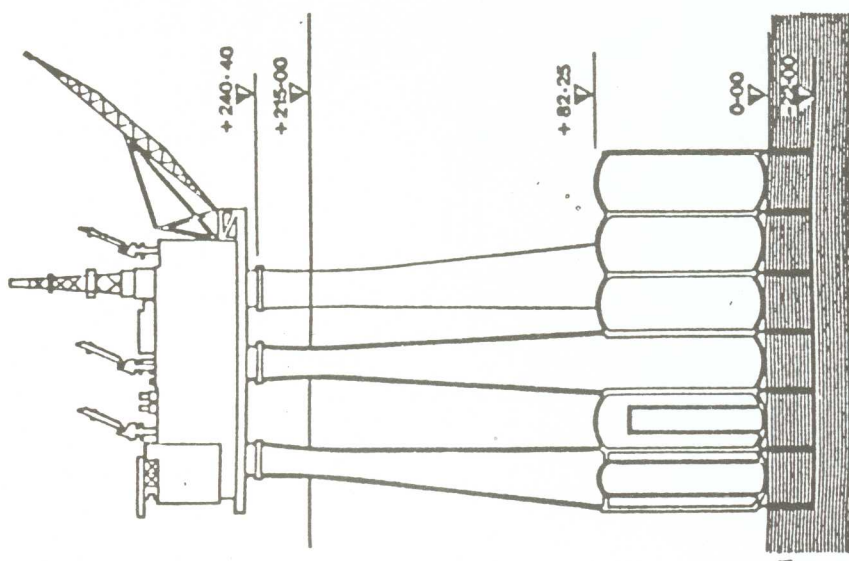
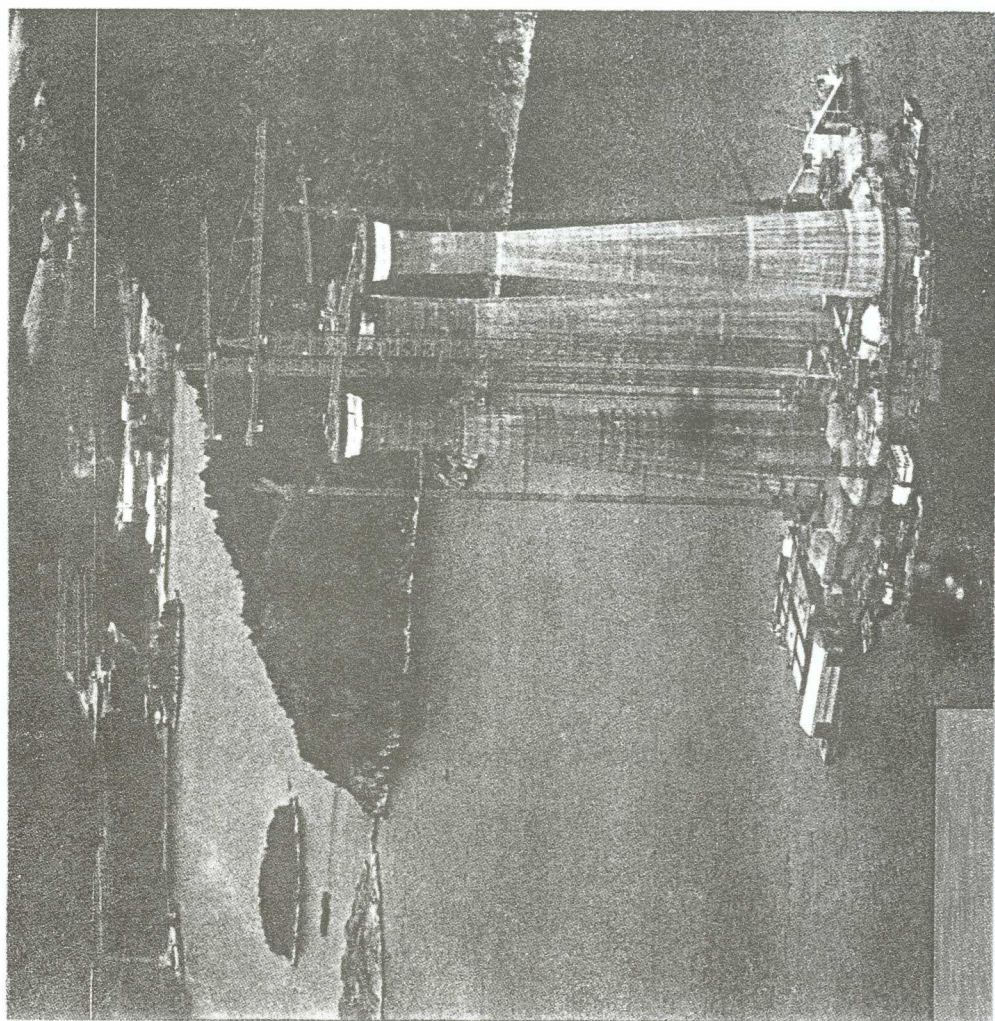
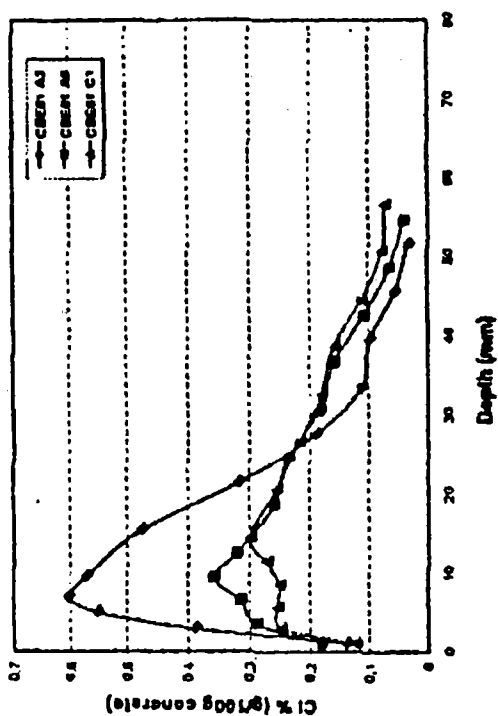
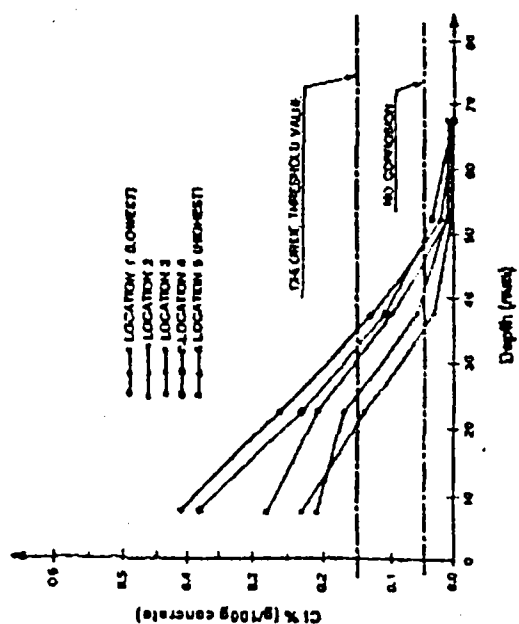
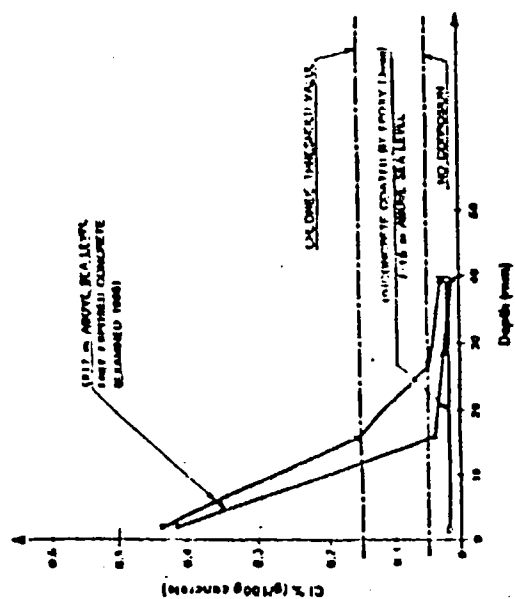
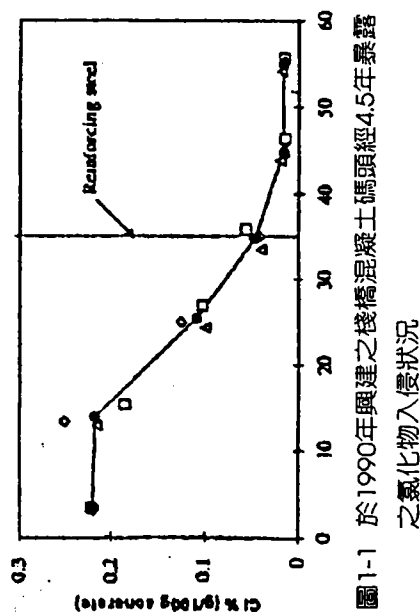


圖 1-1A 挪威貫於採用之混凝土結構外海油氣平台示意圖及實體施工圖



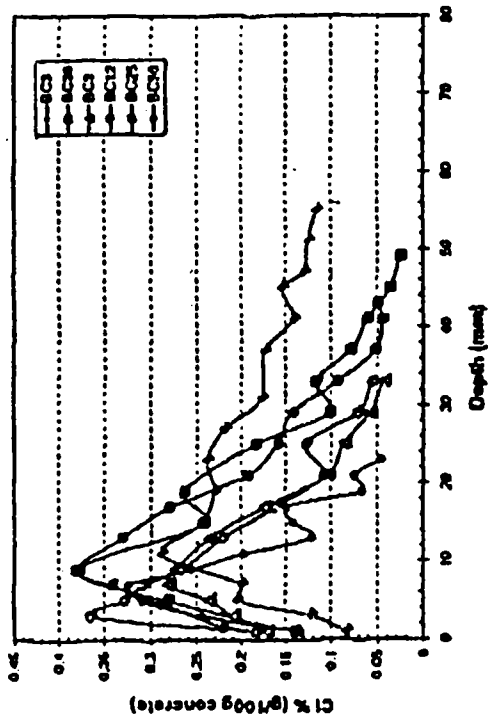


圖 1-5 於1976年興建之Brent C platform經20年位於水面
上11-18m暴露之氯化物入侵情形

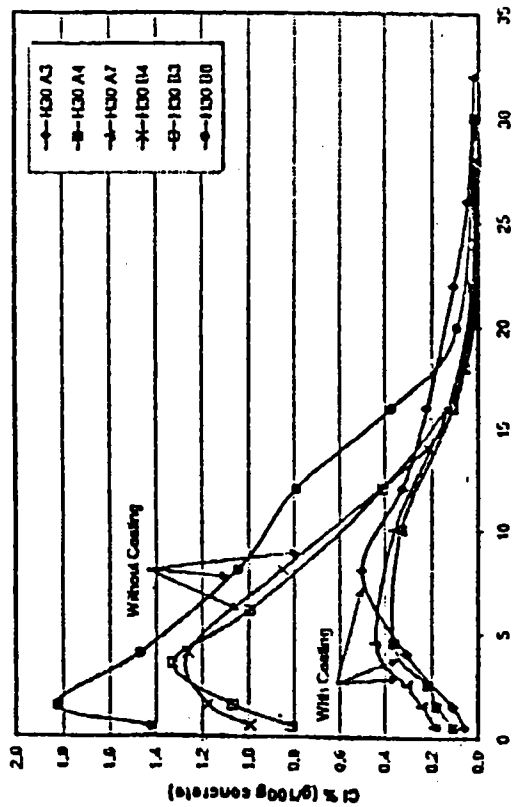


圖 1-6 於1995年興建Heidrun platform經暴露2年後加以塗敷保護
層後之氯化物入侵情形

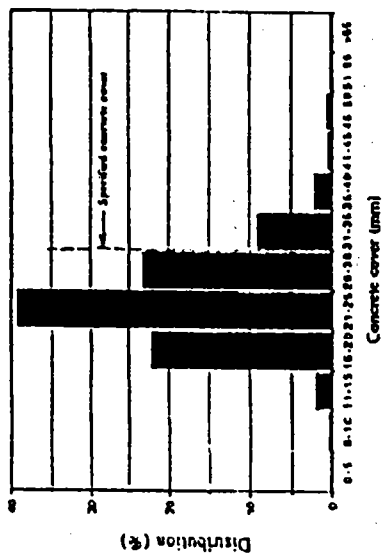


圖 1-7 1978-1981 挪威橋樑各種保護層一覽表

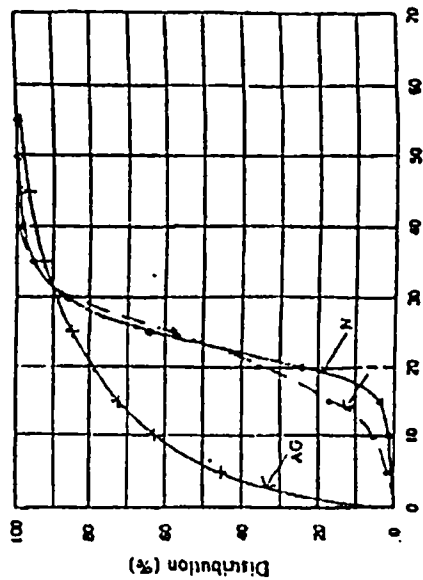


圖 1-8 挪威橋樑多種混凝土保護層相較日本及
阿拉伯灣混凝土橋樑保護層對照表

海洋環境下高性能混凝土之耐久性探討

張道先 交通部運輸研究所港灣技術研究中心助理

饒 正 交通部運輸研究所港灣技術研究中心副研究員

陳桂清 交通部運輸研究所港灣技術研究中心副研究員兼組長

摘要

本文係探討高性能混凝土在海洋環境下之物理、化學及力學性質之行為，並評估其耐久性能。計劃之初，規畫以高性能混凝土取代一般港灣設施所需求之中、低強度之傳統混凝土，於拌製過程中進行混凝土漿體之坍度、坍流度之量測，製作標準圓柱試體，進行各項基本性質試驗。為長期觀測其耐久性能，製作大尺寸之鋼筋混凝土試驗牆曝放於大氣中，每日定時施以海水噴灑表面，進行乾濕循環加速試驗。牆內埋置有各種偵測元件，監測項目包括有漿體之電阻、溫度、濕度及鋼筋腐蝕電位、腐蝕電流密度等長期性之變化。初期試驗結果顯示，高性能混凝土具有甚佳之工作度、高強度、高電阻係數、低透水係數、低電滲量(小於1000庫倫)。試驗牆曝放一年六個月後，內部之鋼筋腐蝕電位仍處於-100 mV (Cu/CuSO₄)，鋼筋腐蝕電流密度甚小，後續腐蝕變化仍持續監測中。

一、前言

高性能混凝土 (High performance concrete, HPC) 材料，為近年來國內、外營建工程界大力研發與應用之新建造材料。中華民國結構工程學會對高性能混凝土之定義為：抗壓強度大於 560kgf/cm² (8000 psi) 之混凝土，坍度為 25±2cm，每立方公尺混凝土水泥用量小於 450kg，水膠比(W/B)在 0.2 至 0.45 之間。使用材料為水泥、水、粗細骨材、強塑劑及礦物摻料等。由於具有高流動性、高品質與高耐久性之特性，施工時不需搗實可自動澆置，又無骨材析離與泌水現象，對鋼筋密集之狹窄間距或斷面，均能流通過並達到充分填充效果。國外早已廣泛應用於高樓建物，海域平台、港灣設施等方面。但是在國內仍未普遍被採用，僅少數工程案例使用，在港灣設施至今則尚未有使用之情形，至為可惜。

台灣四面環海地處環太平洋地震帶上，地震發生頻繁每年颱風不斷，港灣 R.C. 構造物處於此外力衝

擊與海水鹽份侵入之惡劣環境下，混凝土甚易劣化、強度損失以及內部鋼筋腐蝕、斷裂等之破壞現象，對構造物之耐久性與安全威脅甚大。由於對外經貿主要以海運為主，因此港灣工程之建造、維護與安全極為重要。基於上述之事實，未來港灣之建設，應大量使用高性能混凝土材料建造，以提升結構物之耐久性。同時為監測結構物之現況，在建造時可埋設監測元件，隨時掌握結構物受外力衝擊或內部鋼筋腐蝕變化之情形，一旦發生狀況時，可立即維護或防範未然。為此，本研究特以本土自產之飛灰、爐石之波索蘭材料與強塑劑等之摻料混拌，製作一般港灣設施之中、低強度之高性能混凝土與普通波特蘭混凝土(OPC)，曝放於海水(洋)環境下，進行基本性質與耐久性相關試驗，期待 HPC 大量使用於港灣工程建設上。

二、試體製作與試驗方法

1. 試驗材料

水泥：I 型波特蘭水泥
水：一般自來水
粗細骨材：河川砂石，符合 HPC 製作需求
強塑劑：Type F
波索蘭材料：飛灰、爐石

2. 配比與試體製作

(1) 配比設計

高性能混凝土配比，設計

強度分別 3000 psi W/B=0.35，4000 psi W/B= 0.31，5000 psi W/B=0.27。

(2) 試體製作

a. 圓柱試體：15×30 cm 與 10×20 cm 兩種

b. 大型 RC 試驗牆：製作 30×200×150 cm 尺寸之試驗牆 6 座，設計強度分別為 HPC: 3000 psi、4000 psi、5000 psi 及 OPC 4000 psi

c. 鋼筋配置：一般省產 #4 號鋼筋，鋼筋間距 20 cm，保護層厚度 7cm

3. 腐蝕監測元件

採用德國製之 Anode-Ladder System 腐蝕監視元件，系統包含 6 根獨立的陽極元件及溫度、電阻、濕度感應等偵測器。

4. 試驗方法

(1) 基本性質試驗

混凝土漿體試驗項目包括下列；工作度、強度試驗、透水試驗、電滲量試驗、超音波速度量測等。

(2) 耐久性試驗

試驗牆之耐久性試驗監測項目如下；混凝土電阻係數、溫度變化、鋼筋腐蝕電位以及鋼筋腐蝕電流密度等。

5. 試體養護與曝露環境

混凝土養治條件對其硬固之性質影響很大；(1)圓柱試體置於

養治室下養護(2)R.C.試體牆灌製拆模後，在大氣下以濕麻布覆蓋濕治 14 天，模擬一般工地實際之養護方式。上述試體養治 28 天後曝放於大氣中，施以海水噴灑，試體或試驗牆單面每小時噴灑海水 15 分鐘，模擬實際之海洋曝露環境。

三、結果與討論

1. 混凝土基本性質試驗

(1) 工作性

圖 1 與圖 2 分別為強度 4000 psi 之 HPC 與 OPC 之坍度與坍流度之結果。兩圖中明顯看出，HPC 之坍度與坍流度均比 OPC 高出甚多，如 HPC 之坍度輕易可達 26 cm，坍流度大於 50 cm 以上。分析原因乃是一般 OPC 配比，採用美國混凝土學會 (ACI) 之坍度設計，此法拌製之混凝土漿體常導致施工不易，工作性相對不佳。而高性能混凝土所使用之波索蘭材料，其顆粒粒徑小又呈球狀甚易拌合、流動，又添加之強塑劑可延緩漿體之初凝時間，防止坍度損失，所以工作性較佳。

(2) 強度發展

圖 3 與圖 4 分別為設計強度 4000 psi 之 HPC 與 OPC 試體之強度實際發展情形。在養治 28 天階段之強度發展，兩種混凝土材料皆可達到設計之要求

，且隨養治齡期之增加持續成長，但是 OPC 試體於齡期 90 天後，其強度發展已趨於緩和，而高性能混凝土試體之中，晚期強度仍持續大幅增加，高出 OPC 甚多。本試驗其它不同配比之試體之比較結果亦復如此。主要原因 HPC 所添加之飛灰或爐石與水泥水化物產生波索蘭反應效應，致使漿體之微細孔隙結構更加緻密，大大提升晚期強度。又 HPC 強度發展過程，在曝放環境下有一趨勢即在養生室環境 > 海水曝露環境 > 大氣環境下。

(3) 超音波波速試驗

超音波脈波速度量測為混凝土非破壞性檢測技術之一，如配合混凝土試體密度及彈性模數之試驗，可快速評估混凝土之品質及其均勻程度。圖 5 與圖 6 分別為設計強度 4000 psi 之 HPC 與 OPC 試體之超音波速度量測之結果。圖中在水化硬固初期 (28 天齡期) 時，HPC 及 OPC 分別為 4099m/sec 與 3943m/sec，到一年六個月時變為 4300 m/sec 與 4050m/sec，亦即 HPC 試體之波速約比 OPC 試體從初期快 3~5% 提高至 7~8%，顯示 HPC 之品質較 OPC 為佳且持續在提升中。

(4) 電滲量試驗

表 1 為各配比試體之電滲量試驗結果。表中 HPC 試體

之電滲量均比 OPC 小甚多，且均低於 1000 庫倫以下，如以 4000psi 試體為例，HPC 之電滲量為 807 庫倫（噴灑海水）與 460 庫倫（曝放於大氣），OPC 之電滲量則相對為 1933 庫倫（噴灑海水）與 1813 庫倫（曝放大氣下）。依據 ASTM C 1202 電滲量試驗規範解析，低於 1000 庫倫之試體，其氯離子滲透性非常低，顯示混凝土漿體之緻密性很高。因此，電滲量可為混凝土耐久性之參考指標，亦為驗收 HPC 品質標準之一。

(5) 透水係數

圖 7 為各種配比試體之透水係數與齡期之關係圖。圖中明顯區分 HPC 試體之透水係數較 OPC 低甚多，主要原因可能為 HPC 添加波索蘭材料，致使漿體孔隙更為緻密，如 4000 psi HPC 試體之透水係數約比 OPC 試體低 7 倍。透水係數之分佈除了可了解混凝土材質內部之緻密性與品質之良窳外，亦可間接輔助評估試體內部鋼筋腐蝕之風險與可能發生腐蝕之時間。

2. 試驗牆之耐久性監測

(1) 鋼筋腐蝕現況解析

圖 8 為試驗牆曝放於不同環境下，試體內部鋼筋以各型參考電極量測電位結果之分佈情形。圖中不同參考電極所測

得之鋼筋腐蝕電位值似有明顯差距，如以氫電極做為基準零值電位換算時，則各型參考電極所測得之電位值都應是一致的。圖中 MnO_2 與 AgCl 電極之電位值差固定於 $-100\text{mV} \sim -150\text{mV}$ 之間，顯是此兩種參考電極品質相當穩定，恰可相互對照校正腐蝕電位是否正確。圖中另一電位值為 Gecore 儀器（使用 Cu/CuSO_4 電極）所測得之結果，亦可當做參考比較用。基本上 HPC 與 OPC 試驗牆內之鋼筋，在灌製至漿體完成水化硬固階段（初期 0~30 天之間），電位變化最為激烈，主要受到漿體水分消長的影響，爾後隨著漿體持續水化、硬固與鹼性環境的上升，鋼筋之腐蝕電位趨於穩定（ $-100\text{mV} \sim -200\text{mV}$ ， Cu/CuSO_4 電極），於曝露 1.5 年期間腐蝕電位仍為 -100mV 左右，鋼筋持續處於鈍化狀態。由於保護層有 7.0 cm，試驗牆曝露之時間尚短，內部鋼筋腐蝕狀態應持續監測之。

(2) 監測元件 (Anode Ladder System) 之量測

a. 鋼筋腐蝕電位

圖 9 為以埋置於 HPC 及 OPC 試驗牆內之偵測元件 (Anode Ladder System) 所量測到不同保護層厚度處之陽極 (Anode Ladder System 之鋼筋)，對陰極電位與

時間之變化趨勢圖。整體而言，圖8與圖9之曲線分佈趨勢相似，僅採用之參考電極不同而已。圖9明顯表現出在各種試驗牆灌製後30天內，鋼筋腐蝕變化較為激烈且受保護層厚度之影響，但是在100天齡期後，鋼筋之腐蝕電位均趨於平穩且此時保護層厚度對其影響已不大。基本上HPC與OPC試驗牆內之鋼筋電位變化並無很大差異，保護層厚度之影響亦不大，與預期的發展略有差別，探究原因或許試驗牆之曝曬時間僅1年半左右，內部鋼筋尚處於腐蝕萌芽階段，尚未形成促進腐蝕作用機制，如持續長期觀測後，內部之鋼筋電位變化應有明顯差異。

b. 鋼筋腐蝕電流密度

圖10為以HPC及OPC試驗牆內之偵測元件，所測得之各陽極對陰極之電流密度與時間之關係。鋼筋腐蝕電流密度之分佈理論上應與腐蝕電位分佈有一定之關係。事實上圖10之變化應與圖8圖9之變化有一定之相關性。由於量測時間僅為1年半，尚無法有效測得實際之腐蝕電流密度分佈，後續應長期持續觀測之。

c. 混凝土之電阻係數

混凝土電阻係數在腐蝕觀念中，可用來評估腐蝕電流通過混凝土介面的一種能力指標，電阻係數高表示電荷不易通過混凝土介面，電阻係數低則電荷較易流通，對混凝土內鋼筋腐蝕威脅性高。

圖11為HPC與OPC試驗牆內偵測元件所量測之混凝土電阻變化情形。圖中HPC試驗牆之電阻均高於OPC試驗牆，以強度4000 psi之試驗牆（如圖中之小圖(b)(c)(d)）為例分析，HPC試驗牆之每一深度之電阻均比OPC試驗牆（分圖(c)(d)）高出約有50%左右，分圖(c)(d)同為相同材質僅曝露條件不同之試驗牆，兩者電阻係數差異很小。圖11中亦顯示各試驗牆混凝土漿體在初期階段（齡期150天左右），其電阻係數與時間均呈直線關係，於200至300天階段，電阻係數達到最高點，爾後反轉呈下降走勢，長期間後應趨於平穩狀況。又試驗牆之保護層厚度亦影響電阻係數之大小，主要原因乃是愈接近表面之漿體受到外界干擾因子較多（例如水分子、Cl⁻等滲入），故其電阻係數較小，保護層愈厚亦即愈接近試驗牆之中心處，外界因子不易到達

，漿體之電阻係數則相對為高。

四、結論

本研究探討之混凝土品質與耐久性試驗，經過一年半之曝放與監測，初步獲得結論如下：

1. 拌製之 HPC 其工作性非常良好，坍度可達26 cm，坍流度大於50 cm以上，均能符合一般HPC之要求，澆置時無須搗實與振動且流動性甚佳。
2. HPC 之微結構甚為緻密，其透水係數較一般之OPC為低甚多，晚期強度則較OPC高出甚多。
3. HPC 與 OPC 之超音波速度從凝結至硬固，隨齡期之增長有持續成長之情形，於100天後趨於穩定。整體上，HPC 之波速較OPC快出7~8%，顯示HPC之品質仍然高於OPC。
4. HPC之電滲量甚小(小於1000庫倫以下)，顯示氯離子在漿體內之滲透性非常低。
5. HPC 試驗牆之耐久性曝放試驗結果顯示，鋼筋腐蝕電位穩定，腐蝕電流密度甚小，混凝土之電阻係數高，鋼筋應處於鈍化狀態。
6. Anode Ladder System之監測系統顯示，試驗牆內部鋼筋之腐蝕電位與電流密度之變化呈一定之關連性，亦即腐蝕電位於不易腐蝕區域範圍時，其腐蝕電流密度相對較小。
7. 試驗結果顯示 HPC 各方面之表現均較 OPC 為佳，但仍需長期

監測以作為 HPC 耐久性能之評估。

參考文獻

1. 陳桂清，「電化學技術應用於鹽害 R.C 結構物之去鹽成效與鋼筋腐蝕行為研究」(1999)。
2. 陳振川，「高性能混凝土研發及推廣研討論會文輯」，台北市台灣工業技術學院，P.2, 民國86年6月。
3. 黃兆龍「由高雄 85 層 T&C Tower論HPC材料選擇及性能」，高性能混凝土(HPC)研發及應用研討會論文輯，P83 ~ 109, (1994)。
4. 林維明、饒正、張道光「港灣環境下高性能結構體之性質研究(-)」P4~6(1998)。
5. 陳建成、黃兆龍，「海洋混凝土構造物耐久性之考量」，海洋工程品質與施工技術研討會論文集，港灣技術研究所，民國84年4月。
6. ACI Committee 318, "Building Code Requirements for Reinforced Concrete and Commentary, (ACI 318-95/ACI 418R-95)" American Concrete Institute, Farmington Hills (1995) .
7. ASTM C876-91, "Standard Test Method for Half-Cell Potentials of Uncoated Reinforcing Steel in Concrete" .

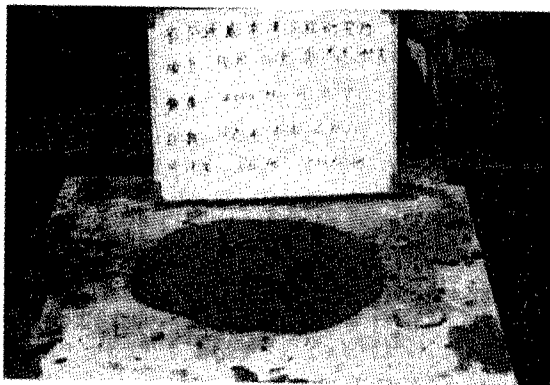


圖 1 HPC-4000psi 之
坍度及坍流度

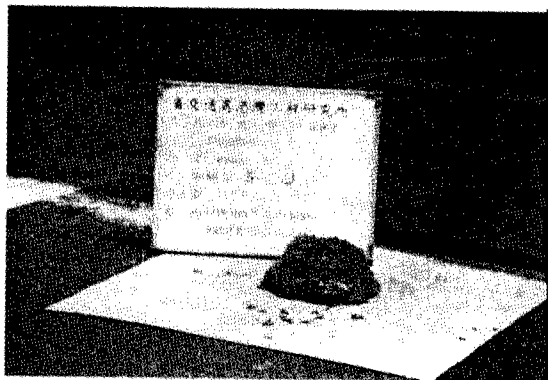


圖 2 OPC-4000psi 之
坍度及坍流度

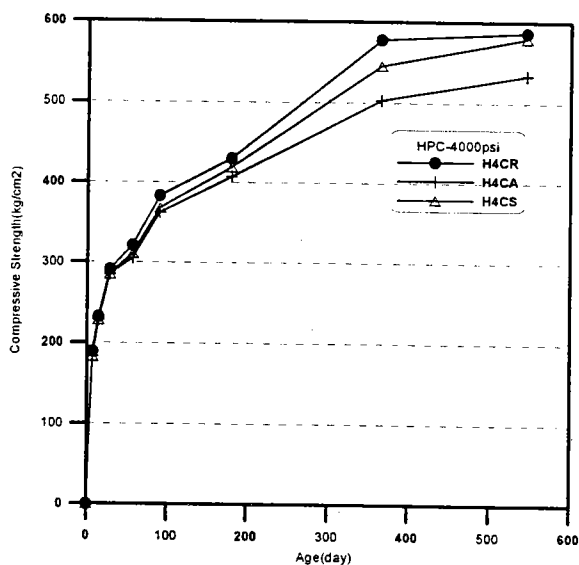


圖 3 HPC-4000psi(280kg/cm²)之強度發展

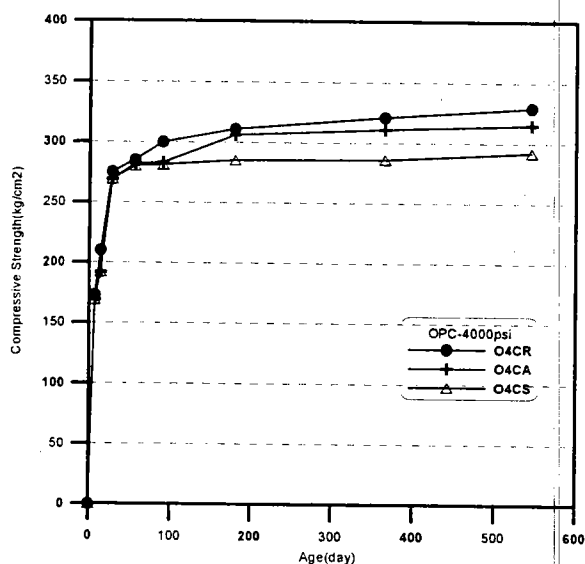


圖 4 OPC-4000psi(280kg/cm²)之強度發展

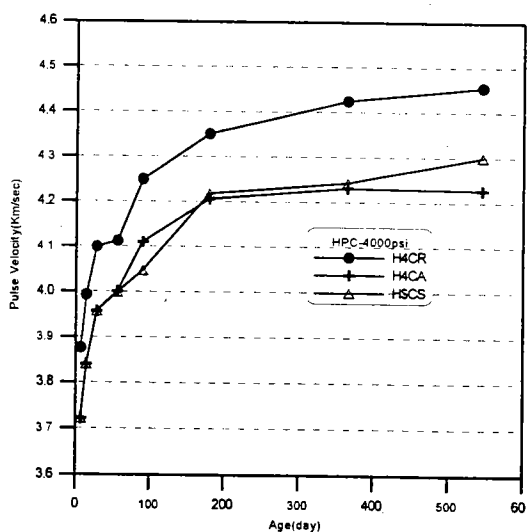


圖 5 HPC-4000psi 之超音波速與齡期關係圖

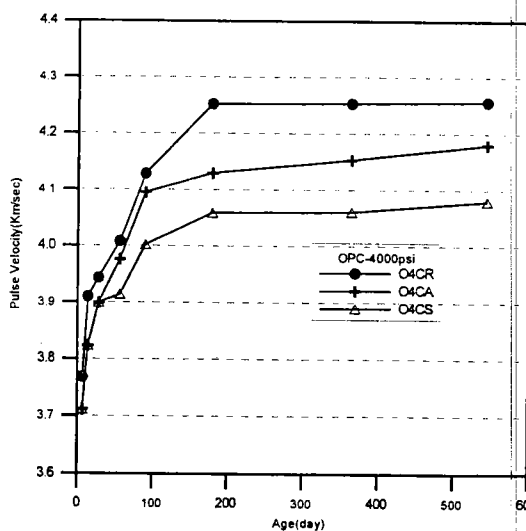


圖 6 OPC-4000psi 之超音波速與齡期關係圖

表 1 電滲試驗結果

配比 曝放 環境	4000psi (HPC)	4000psi (OPC)	5000psi (HPC)	3000psi (HPC)
大氣	460 庫侖	1813 庫侖	421 庫侖	899 庫侖
海水噴灑	807 庫侖	1933 庫侖	756 庫侖	536 庫侖

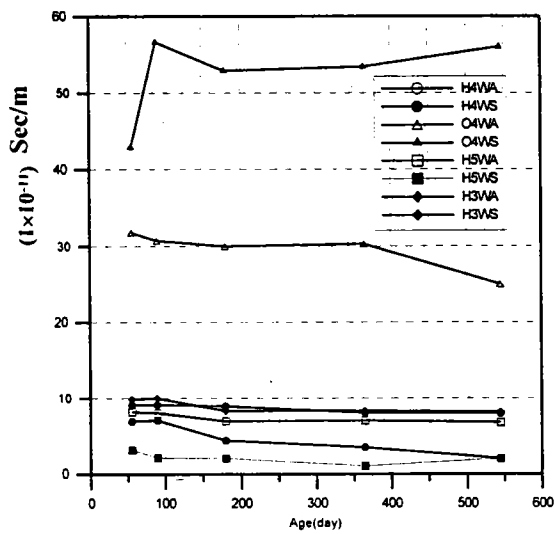


圖 7 各類試體之透水係數與齡期之關係圖

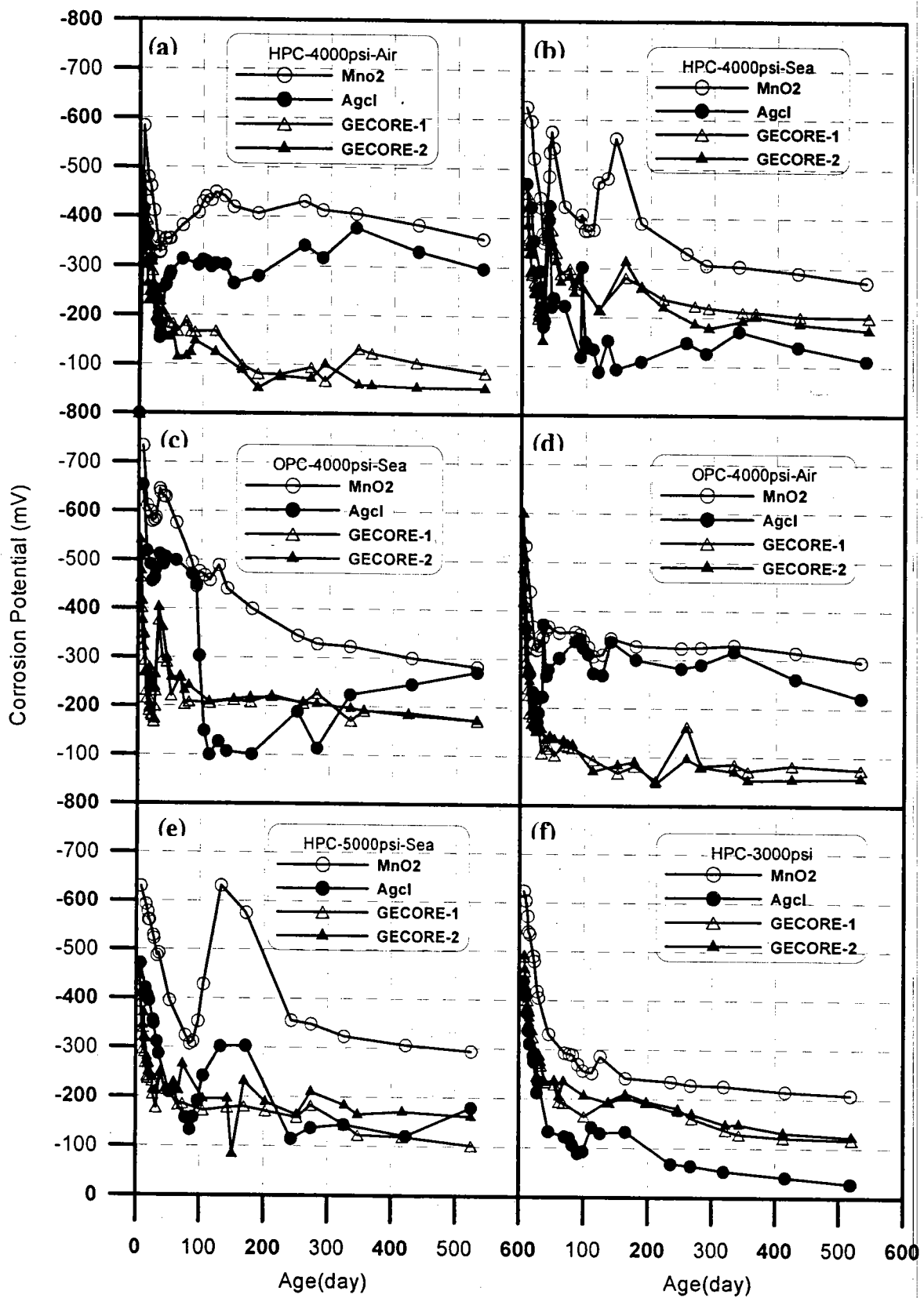


圖 8 各配比試驗牆之腐蝕電位與齡期關係圖

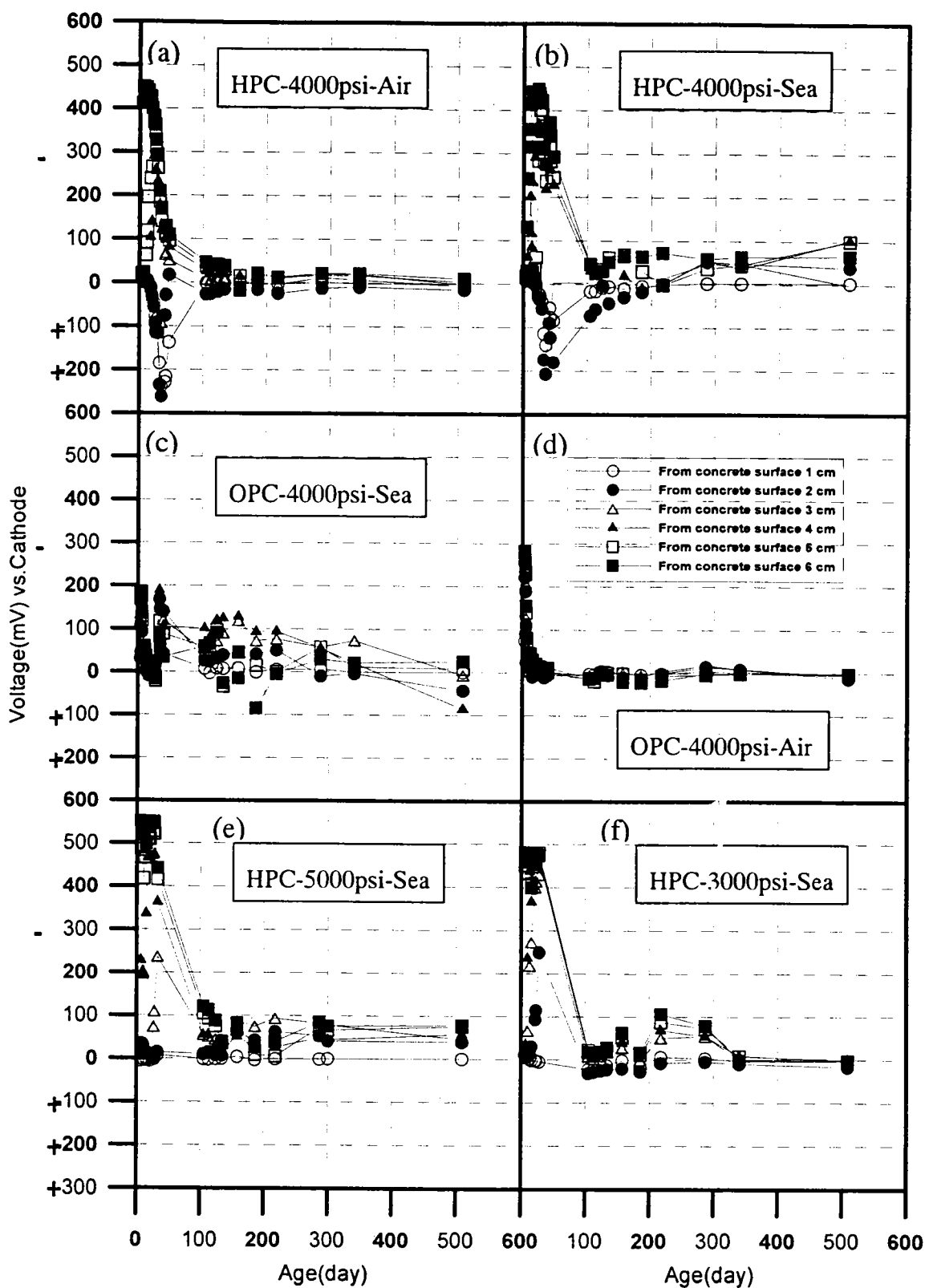


圖 9 各配比試驗牆內，Ladder System 各陽極對陰極之電位

與齡期關係圖

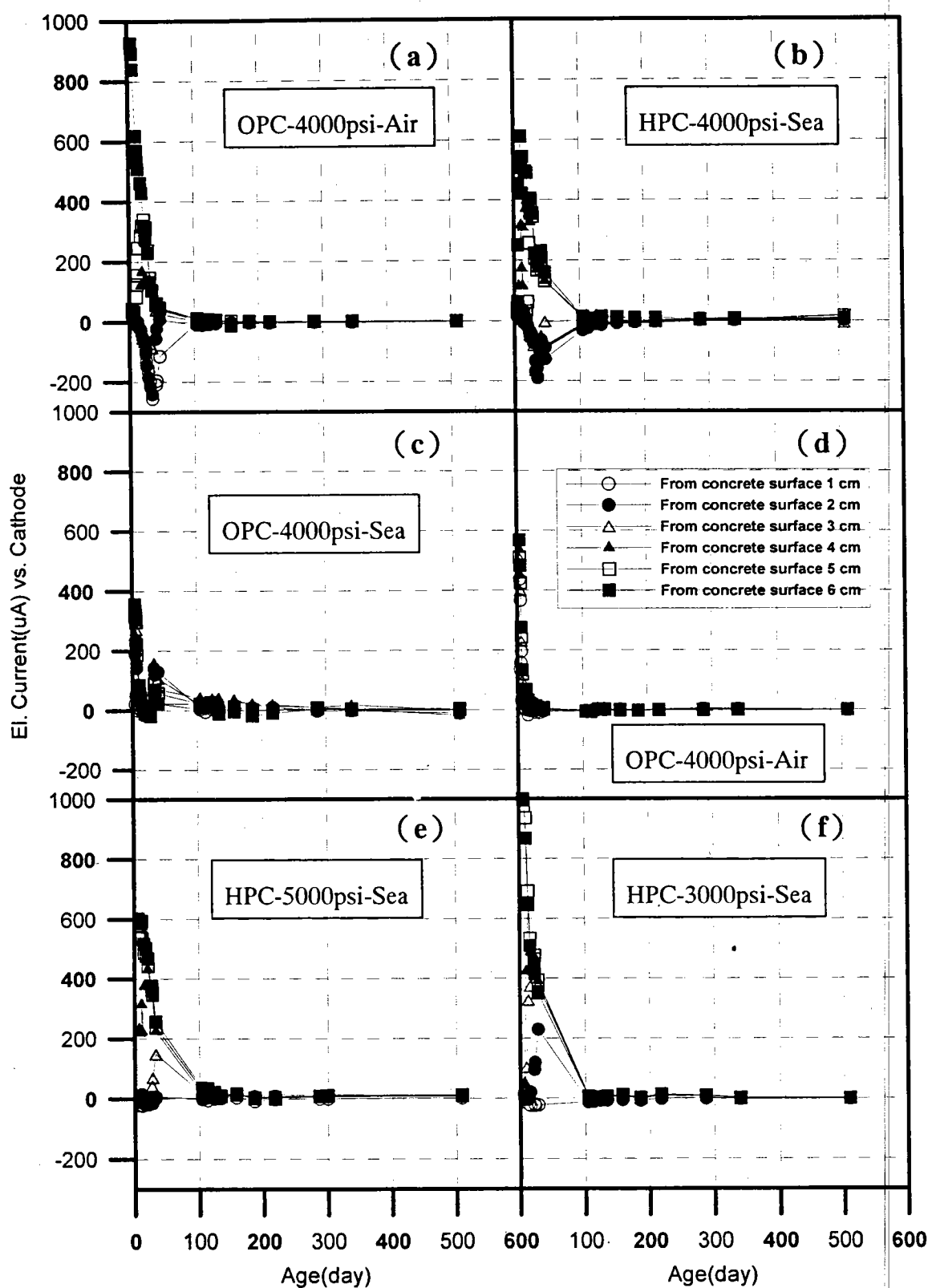


圖 10 各配比混凝土內 Ladder System 各陽極對陰極之電流與齡期關係圖

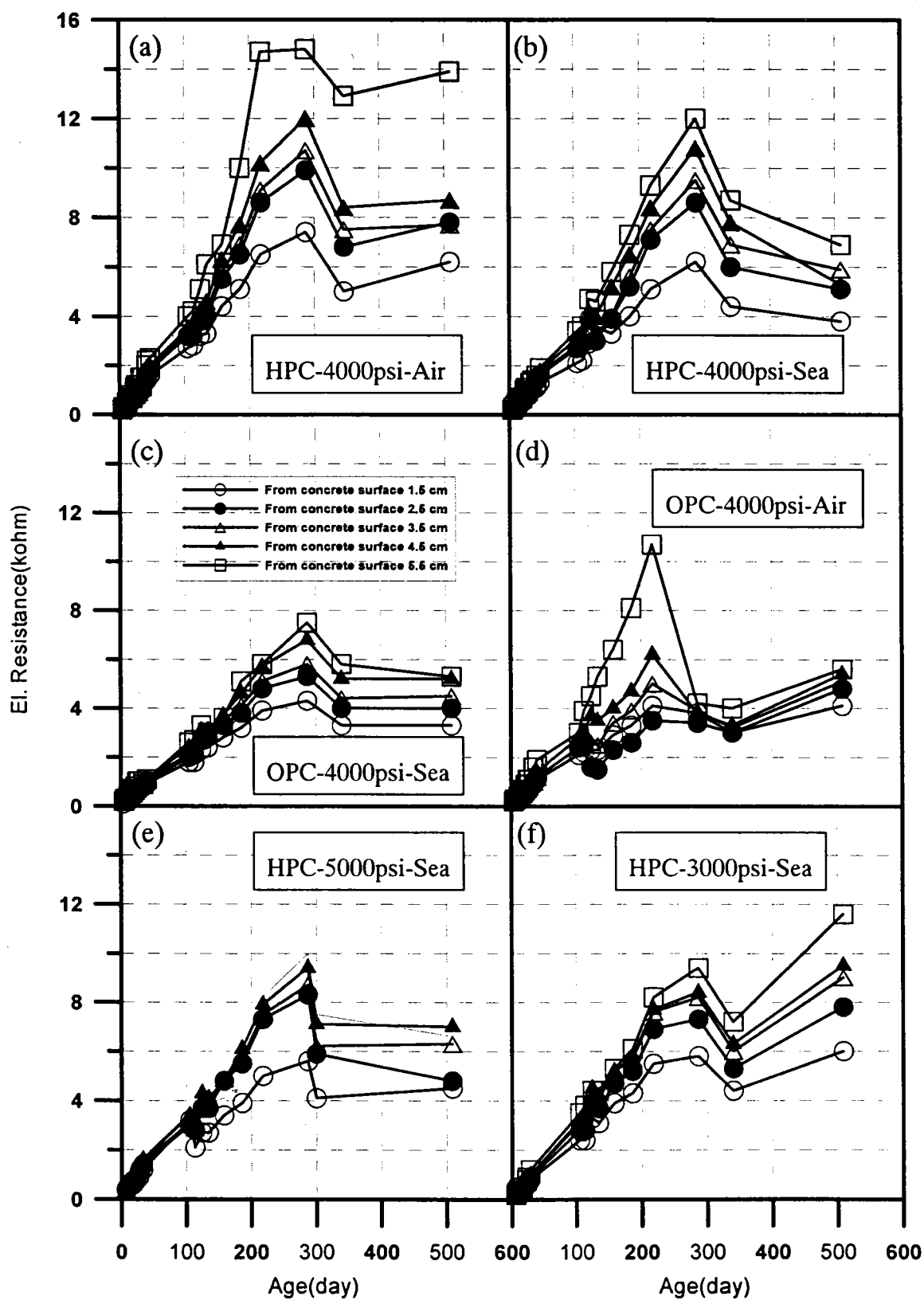


圖 11 各配比混凝土內 Ladder System 各陽極對陰極
之電阻與齡期關係圖

廢玻璃在瀝青路面之應用

蘇 南 國立雲林科技大學營建系所副教授

陳金獅 交通部公路局第五區工程處幫工程司

暨雲林科技大學研究生

一、前言

台灣地區每年約有 50 萬公噸之廢玻璃，未能有效分類與再利用，遭棄置於掩埋場或焚化爐處理。因廢玻璃無法生物分解，佔據掩埋場空間；但掩埋場用地取得不易，且台灣現有掩埋場已三分之二接近飽和，故廢玻璃不適合掩埋。又因廢玻璃不易熔成灰爐，且廢玻璃焚化會折損焚化爐之壽命，故廢玻璃亦不宜以焚化方式處理。本文利用廢玻璃經破碎篩選後之玻璃砂，與普通河砂近似的物理特性，探討以廢玻璃資源應用於瀝青路面。

二、緣起

廿一世紀為『環保』世紀，全球各國政府無不致力於朝「垃圾減量」與「資源回收再利用」之目標全力以赴。且目前「廢玻璃」回收率已被瑞士洛桑管理學院列為評估國家「競爭力」之指標，對提昇國家形象亦有正面之助益。反觀台灣，由目前新政府標榜「綠色台灣」

之環保政策，足以證明新政府對環保之重視。而台灣地區近四十餘年來，由於科技進步帶動經貿活動快速成長，在大量生產、大量消費及大量廢棄物的生活形態下，依據行政院環保署統計資料國人每人每天平均約製造高達1.14公斤之垃圾量，而每年約產生 50 萬公噸之廢玻璃數量。因此，處理廢玻璃應朝「資源回收」與「再生利用」之目標永續發展。

三、目標

玻璃瀝青路面對夜間反光、路面抗滑及透水性均較一般傳統瀝青路面優異。上述機能成效中以夜間反光項目最為顯著；玻璃瀝青混凝土路面表面上之小玻璃顆粒，在夜間車燈與街燈之照射下，使得路面閃閃發亮，並與市街五彩燈飾相互輝映，讓路面顯得更加光彩亮麗，可形成優美動人的夢幻似之景觀畫面，提醒駕駛人注意力，促進夜間行車安全。

四、試驗計畫

本文係經由實驗室馬歇爾配比設計求出廢玻璃各組(0%、5%、10%、15%)添加量之最佳含油量，再以最佳含油量製作試體進行乾濕循環試驗、烘箱老化試驗、浸水剝脫等試驗。並於工地現場試鋪路段進行玻璃瀝青混凝土路面抗滑試驗、反光試驗、透水試驗及壓實度等試驗；以驗證廢玻璃資源化於瀝青混凝土之可行性。並搜集工地監測相關資料，建立廢玻璃再利用於瀝青路面之資訊，使廢玻璃之資源能永繼循環再利用。試驗流程如圖1所示。

五、試驗結果與討論

5.1玻璃瀝青混凝土配比設計

(1)85/100瀝青配比最佳含油量：
廢玻璃添加量(對總粒料)以0%、5%、10%、15%取代細粒料，其結果如圖2所示。

(2)改質II型瀝青配比最佳含油量：
廢玻璃添加量(對總粒料)以0%、5%、10%、15%取代細粒料，其結果如圖3所示。

經馬歇爾配比試驗結果廢玻璃取代粒料量0%、5%、10%、15%各組所求得之含油量分別為5.33%、5.20%、5.05%及5.00%(如圖2所示)，而改質II型瀝青所求得之含油量分別為5.37%、5.35%、5.28%及5.25%(如圖3所示)，隨廢玻

璃取代量之增加所求得之含油量有逐漸減少之趨勢，分析其原因為玻璃本身吸水率(0.344%)較粒料為低，相對地其吸油量較粒料少。

5.2玻璃瀝青混凝土浸水剝脫試驗(圖4)

5.3玻璃瀝青混凝土烘箱老化試驗(圖5)

5.4瀝青混凝土乾濕循環試驗(圖6)

由烘箱老化試驗結果顯示，隨著玻璃添加量增加，其老化程度亦跟著增加，但由圖5發現當齡期10天時，穩定值有增加的趨勢。

5.5瀝青混凝土添加石灰效益(圖7)

石灰比重約2.4，酸鹼值大於12，屬強鹼，具有大量的活性化學物質，顆粒非常細緻(約有85%可通過#325篩，細度大於7000 cm^2/g)，與粒料有較大之接觸面積，且表面組織粗糙，故添加少量石灰即可使瀝青達到「加勁」之效果。另外，石灰成份中含有「鈣」質能與粒料表面的鉀、氫、鈉及其他陽離子產生「置換作用」反應，同時在下雨時石灰與水作用產生化學作用與反應，可使瀝青成份中「環烷酸」作用形成「環烷酸鈣」，讓瀝青能更緊密的吸附於料料表面上，以達到抵抗剝脫之功效。廢玻璃表面光

滑，且吸油量較一般粒料少，遇水時玻璃與瀝青間黏結力容易鬆散，因此，依據上述機理及試驗資料顯示可藉由添加適量(約2%)之石灰獲得改善，就本研究中數據顯示(如圖7)，添加2%石灰，效果最為顯著，可增加玻璃瀝青路面抵抗剝脫能力。

六、結論與建議

地球只有一個，環境是人類的寶貴資產，其品質之良窳攸關人類生計整體發展。基於環保及資源永續利用考量，玻璃瀝資源值得政府推廣至公共工程使用。因此為落實廢玻璃資源化再利用，只要政府依據每年所生產之廢玻璃量，據以計算所能鋪設之道路或景觀路面面積，編列預算加以落實，即能徹底解決廢玻璃對環境之污染。

1. 玻璃經具堅硬、不燃性、吸水性低、多稜角及粒形佳等特性，可使粒料間之互制效果較河川砂石佳，物理性質也極為接近，故廢玻璃資源經處理後可取代砂石作為瀝青混凝土骨材。
2. 由於玻璃質地堅硬耐磨性佳，並經路面抗滑試驗檢測證實可增加瀝青路面反光強度、透水性及摩擦係數，對促進車輛行車安全有正面效益。
3. 本計劃進行三次「玻璃瀝青路面」試鋪，成效尚稱良好，且施工技術日趨成熟，其累積施工經驗與技術，可供國內日後運用及推廣之參循。
4. 廢玻璃需分色分類回收才能再利用，因國內對於廢棄物分類回收尚在萌芽階段，因此建議政府應採獎勵(補貼)及強制(每年可選擇若干路線或景觀據點使用玻璃鋪面)手段，來推廣及落實廢玻璃使用在公共工程，以減少廢玻璃對環境之污染。
5. 建議環保署對於廢玻璃源頭(製造廠及進口商)課徵回收處理費，並對回收處理商進行全面性補貼，以改善現行僅針對容器玻璃進行補貼，以免造成『排擠效應』，影響資源回收成效。
6. 玻璃主要成分為 SiO_2 ，因矽質材料為親水性易使玻璃與瀝青間產生剝脫(Stripping)，而影響路面使用年限，建議日前進行玻璃瀝青路面配合設計時能添加適量石灰(約2%)、防剝劑或使用改質瀝青作為黏結料，以改善瀝青與玻璃間之黏結效果。
7. 建議國內廢玻璃回收業者積極投入研發及改善廢玻璃除去銳角之技術，使廢玻璃處理後能具有多稜角之粒形而又不對人體造成傷害(觸摸不會有刮傷)，裨利廢玻璃資源作更多用途之使用。
8. 建議環保署及公共工程委員會等單位能儘速依據政府採購法早日制定使用「廢玻璃回收使用技術」環保標章之認定標準，以激勵廢玻璃回收業者樂於配合推動「環保」之政策。

七、誌謝

感謝行政院公共工程會及環保署提供經費進行試鋪，及公路局第五區工程處提供試鋪地點。試鋪期間台灣營建研究院、楠峰瀝青拌合廠協助與配合，使本研究得以完成，特表謝意。

八、參考文獻

1. 蘇南、陳金獅，「玻璃瀝青混凝土之工程特性與應用實例」，第一屆鋪面工程師生研究成果聯合發表會，第12頁(2000)。
2. 「廢玻璃回收清除處理與資源化技術研討會」，台北科技大學土木所、環境所，第1-2章(2000)頁。
3. 蔡攀鰲，「瀝青混凝土」，三民書局，第1-110頁(1995)。
4. 劉如濡，「廢混凝土在瀝青混凝土路面工程上之研究」，台灣科技大學碩士論文，(2000)。
5. 林政璋，「廢輪胎橡膠瀝青之性質研究」，中華大學碩士論文，(2000)。
6. 陳式毅、邱垂德，「新進道路工程材料」，道路新進技術之發展與應用，臺灣營建研究院，第163頁，(1999)。
7. 沈得縣、蘇南，「海砂拌製瀝青混凝土之可行性與經濟效益評估」，交通部國道新建工程局，第5-12頁(1997)。
8. 林志棟、余政儒，「瀝青混凝土添加石灰耐久性之研究」，國立中央大學土木研究所，第4-137頁(1997)。
9. 交通部，「公路工程施工規範」，幼獅文化出版公司，(1989)。
10. 「公路工程材料手冊」，公路局材料試驗所，第637-697頁(1988)。
11. 「廢玻璃瓶試驗鋪裝報告書」，日本瀝青道路鋪裝用材料利用委員會，平成8年。
12. 林志棟，「台灣地區柔性路面工程檢驗方法之研究」，國立中央大學土木研究所，(1999)。
13. 陳淮松，「瀝青混凝土路面工程-設計、施工與品質管制」，國立中央大學土木研究所，(1998)。
14. 房性中，「鋪面抗滑度量測與設計基準之探討」，現代營建第202期，第11頁，(1996)。

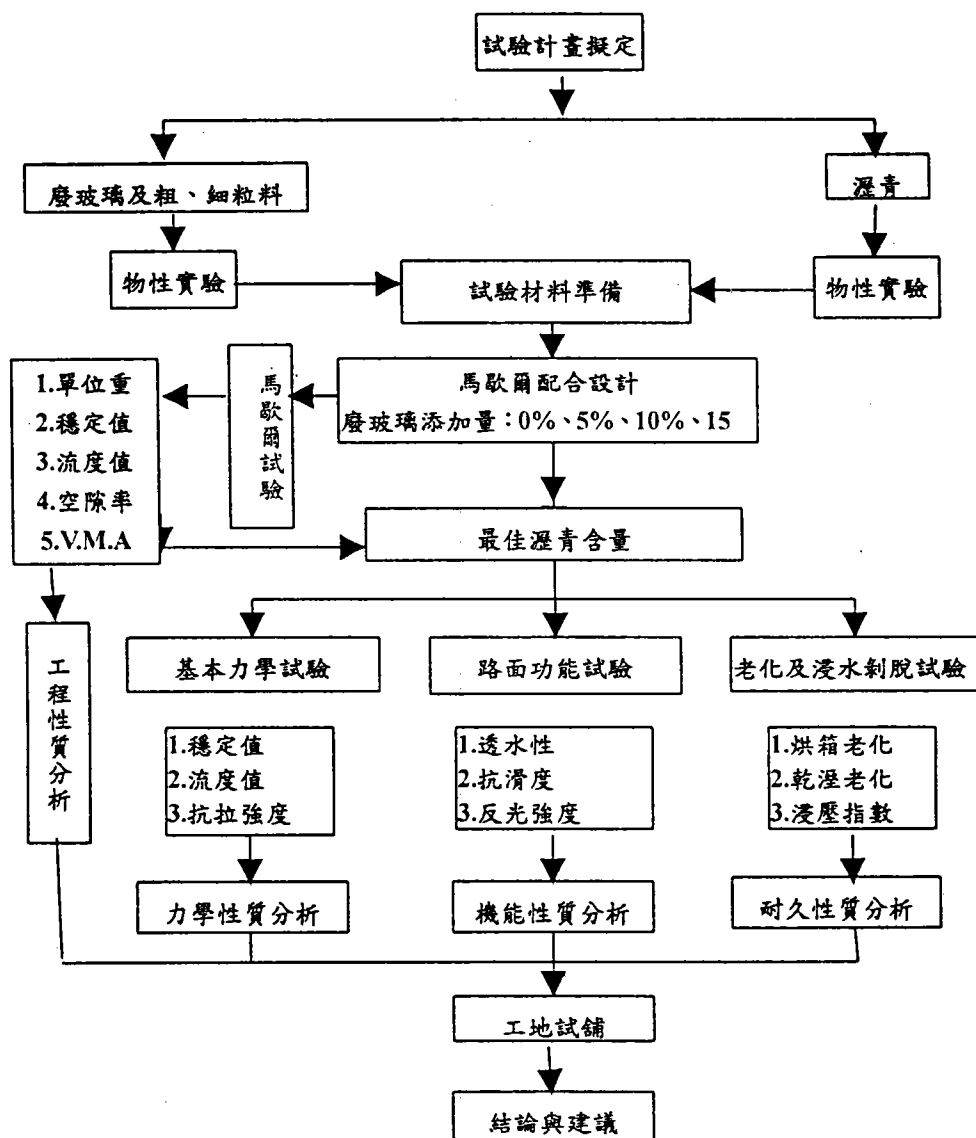


圖1 試驗流程圖

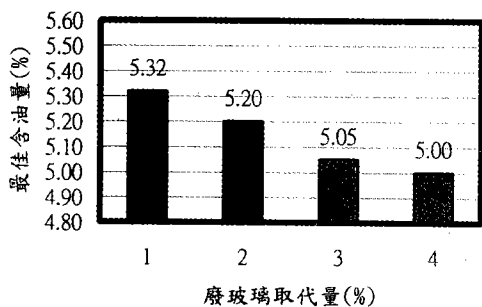


圖2 玻璃瀝青(85/100)混凝土配比之最佳含油量

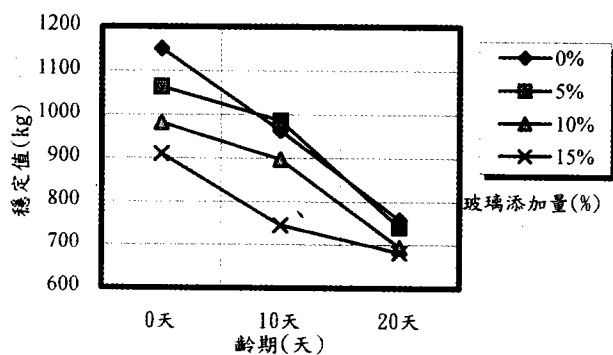


圖6 穩定值與乾濕循環齡期之關係

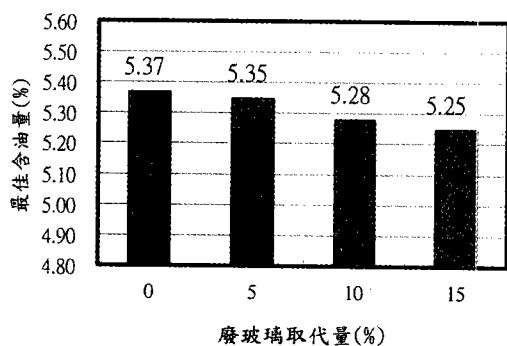


圖3 玻璃瀝青(改質 II 型)混凝土配比之最佳含油量

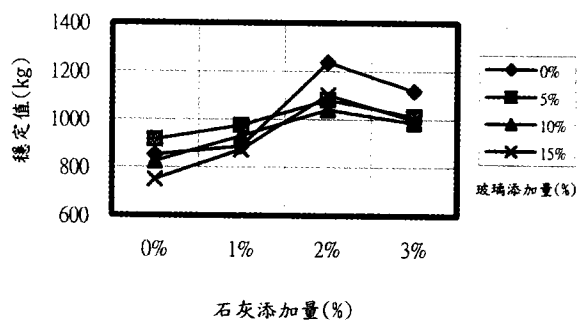


圖7 添加石灰與穩定值之關係

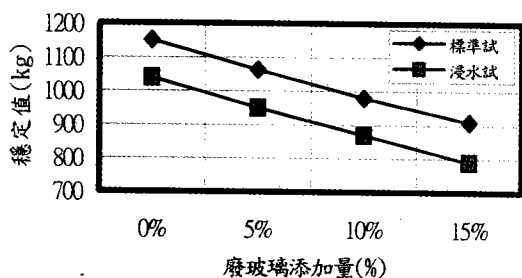


圖4 浸水剝脫試驗與穩定值之關係

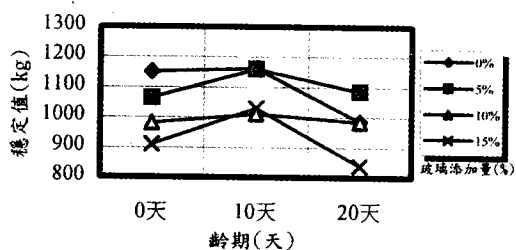


圖5 穩定值與烘箱老化齡期之關係

正朝向現代化商港邁進的海參崴

陳文樹 郵政研究所研究員

自今年初台北和海參崴間的中俄航線展開首航的一連數個月間，國內已有數家旅行社共同開辦遊覽海參崴的團體旅遊，並可結合中國東北哈爾濱的冰雪節或橫越俄羅斯東西兩岸三城（即海參崴、莫斯科和聖彼得堡）之行程，不僅航程較昔大為縮短而且倘若接續利用海參崴航空公司的國內線，轉往俄羅斯各大城去也相當便利。由於開出之團費顯較旅遊歐美地區或同一路線的旅遊旺季來得低廉，又是國人過去罕去之地，致曾引起一陣熱潮。飛航行程和台北僅四個小時的海參崴，俄語的發音係「烏拉迪弗斯托克」，英語 Vladivostok 則因是由俄語轉換故發音相似，您可否發現中俄或中英語之間的發音差別極大（中國大陸則稱海參崴為「海參灣」），其因安在？事實上，海參崴為華語之稱呼，該處自古原本即為滿清族裔所有，清朝時併入中國版圖之內，屬吉林省的寧古塔管轄，在咸豐十年（1860年）和英、法等列強簽訂的「北京條約」中，清廷亦答應了強行插花的俄羅斯之要求，割讓海參崴予俄，而俄羅斯在

獲得該一濱海之寶地且幾乎是其國域最東端的城址後，則稱之為「烏拉迪弗斯托克」，意為「鎮服東方」。從沙皇時期的帝俄、蘇聯到今之俄羅斯，海參崴一直是以軍港著名於世，從蘇聯時期即停駐有幾近和「黑海艦隊」齊名的「太平洋艦隊」，但在蘇聯崩解之後海參崴的軍港角色則已逐年趨淡，改而朝向商港蛻變演化，舉凡俄羅斯東半部（涵蓋荒涼的西伯利亞地區）的對外貿易皆是以海參崴作為吞吐港，而運往中國東北若干省分的貨物若由海參崴轉運還可比繞過朝鮮半島而從大連港卸運來得方便，對外輸出亦然，爰可益增其重要性，此將于後段另述。第二次世界大戰後期，海參崴並曾是蘇聯接受美國供應租借物資的主要基地。近十餘年來，經濟疲弱不振的俄羅斯雖已揚棄其太空科技計畫——如不再斥資維持和平號太空站而讓其墜落南太平洋，但則對建設海參崴之事甚為重視，冀望它能從廿世紀期間威鎮各國的軍港轉變為名揚東亞的大商港！

西元1860年，俄羅斯取得海參崴的所有權，先於當地修建城堡

要塞，卅年後海參崴已是俄羅斯濱臨太平洋東岸的要地，並躍居俄羅斯太平洋濱海區(Primorski krai)的首府和最大港，必須要有鐵路和莫斯科相連方得易有進一步的發展。1891年，俄國太子尼古拉於海森崴植埋建路基石，旋即役使數以萬計遭流放的囚犯在俄羅斯南邊的廣袤酷寒大地中築設鐵路，歷時廿五年，總共耗費10億盧布，且經過了第一次世界大戰和兩次的共產革命—即二月革命和十月革命，最後終於築成了烏蘇里鐵路和全世界最長的西伯利亞鐵路。在1916年，亦即建立共產政權的越兩年即可由海參崴搭乘火車行抵莫斯科，後來亦可再經由中國長春鐵路通達中國東北，另亦有鐵路可通往朝鮮半島，若再作稍為詳細的描述，海參崴乃是位於「木拉維耶夫」半島的南端，該半島臨日本海域的金角灣，而半島東西邊又各有「烏蘇里海灣」和「阿穆爾海灣」，極方便於船舶停靠。唯因海參崴緯度已甚高，冬季嚴寒。每年十二月迄翌年二月間周圍海域會結冰，致需藉由破冰船來保持通航。海參崴現在尚是俄羅斯的造船重鎮和規模最大的漁港，修造船舶和漁產加工是其境內重要產業，輸出的外銷貨物則是以金屬工業製品和石油、煤炭等礦科以及原木為主。近因產業迅速成長，電力建設卻未能同步配合，以致在用電量需求甚殷的寒冬時節海參崴經常會停電，甚至有一天停電十八小時且持續近兩周的窘境，停電期

間公共設施停擺、居家生活不便，還曾因而引起市民蜂湧至電力公司抗議。職是之故，電力供應充足與否，將是關係著海參崴能否發展成為工商大城的首要條件。

因為地理位置上之良好條件以及已趨完備的碼頭裝卸設備、聯外交通設施，海參崴港在轉運中國大陸東北地區（現係劃分為遼寧、吉林和黑龍江三個省）的貨物頗具優勢競爭力。自美國、加拿大的西岸或自日本、朝鮮運至中國東北大都會—哈爾濱市的貨物，若採行經由神戶、釜山港或中國大陸南方海岸、北方海岸諸地區性轉口港，再轉運至哈爾濱等數個東北大城，則遠不如經由海參崴港再行轉運。例如從美國華盛頓州的西雅圖港通過海參崴港到哈爾濱市共有5298英里，而如果是取道大連港則需6500餘英里，經由中國大陸其它港口或韓國的港埠則更不符合經濟效益。另若以經由海參崴與經由韓國的釜山港兩港相比較，前者得比後者減少兩天的日程，若再與神戶港相較則可減少三天，與其它的韓、日港埠相較效益就愈顯著了。海參崴商港區的貨櫃裝卸區得符於國際標準，貨櫃碼頭的吃水深度平均為12公尺，可供泊靠容量相當於四千個20英尺貨櫃（即4000TEU）的貨櫃運輸船以從事貨櫃裝卸，每部貨櫃起重機每個小時可以裝卸20個TEU，該裝卸作業的速度當然尚無法和台灣的高雄、基隆兩個港埠相比美，作業碼頭數目也明顯遜乎各個世界名

港（海參崴商港現僅有十七座碼頭，貨櫃碼頭則只有六座）但則已較冷戰結束前的情況進步甚多。隨著貨櫃運輸量的不斷成長，海參崴港更已分階段進行擴建貨櫃碼頭的計劃。除了貨櫃之外，海參崴港在裝卸散裝貨物，特別是糧食的裝卸，如果以每一晝夜合計的工作日而言，自船舶卸下之貨物量為 6000 噸，而裝上船舶的數量則是 2000 噸，但假如是將散裝貨物裝入特定的袋子則每晝夜的裝貨量遞減為 1500 噸。最令貨主或航商樂見者，乃是目前海參崴港的裝載運輸費用較諸日、韓或中國大陸的港埠都低廉甚多——如每個 20" 貨櫃的裝卸費用係 80 美元；而每個 40" 貨櫃的裝卸費用則是 104 美元，祇有日本貨櫃港裝卸費率的一半而已。而散裝貨物之裝卸費率和海參崴港在 1999 年中之散裝貨物裝卸概況，則分別如附表一、二所示。

俄羅斯和中共東北之邊境，計有「馬爾科沃—虎林」（前為俄羅斯之邊站，後則為中共之邊站，以下同）、「突里羅格—密山」、「格羅迪哥涅—綏芬河」和「馬哈里

諾—紅春」等公路和鐵路邊境站，現之中共政府正和俄羅斯政府研議簽署有關使用「運輸走廊」之協議書方案，俾簡化轉口運輸手續。再者，海參崴的軍港區亦亟思重振功能，在歷經約莫十年的軍事衰退後，一支俄羅斯艦隊特地於本（廿一）世紀首年，即二〇〇一年元月十五日，首度駛出已停泊港域有五年之久的海參崴軍港，恢復在遠東地區的海域巡行，冀望讓世人再度正視其曾威振寰宇的海上武力。在適值莫斯科當局和北京政權宣布加強「戰略夥伴關係」計畫，俾對抗美國的全球 NMD 飛彈勢力圈數天之後，俄羅斯即派遣兩艘反潛艦和一艘隨行的運補艦自海參崴出海巡弋，以突顯中（中共）、俄國對美國新政府推行「全球飛彈防禦」系統的反對。這支小型艦隊後則與其他廿五個國家的海軍軍艦會合，共同參加慶祝印度獨立建國五十週年的「國際海上檢閱」，唯今之威凜場面實已遠不及昔日蘇聯時代領導共產陣營、叱咤全球的局勢，軍港的重要性仍將被日漸蓬勃發展的商港角色所凌駕。

表一 貨物種類

美元／噸

1	Grain and seeds in bulk(discharging)	3,1
2	Salt, raw sugar, animal feed,oilcake, etc. in bulk	4,0
3	Iron ore in bulk	4,9
4	Iron ore in special containers	12,0
5	Coal, shale,peat in bulk	4,3
6	Coke and chemical prods.in bulk	4,5
7	Sand in bulk	3,0
8	Bagged cargo	14,0
9	Cargo in big bags	8,0
10	Bananas,citrus fruit,vegetables and other light weights,very bulky cargo requiring very careful transportation in cases,bundles	15,0
11	Cargo in cases and unpacked cargo up to 250 kg	10,0
12	Heavy lift cargo in cases and unpacked heavy lift cargo(251kg-1,5t)	10,0
	heavy duty cargo(1 pc)from 1,5 t to 30t	14,0
	heavy duty cargo(1 pc)above 30t	12,0
	heavy duty cargo(1 pc)above 30t by using floating crane	27,0
13	Cargo in piles,bales,paper and card board in rolls	12,0
14	Cargo in barrels(unpacked)	14,0
15	Break-bulk general cargo on pallets	8,0
16	Pig iron	4,0
17	Non-ferrous metal	9,5
18	Billet,deformed bar and angle in bundles	6,0
19	Wire rod	6,0
20	Steel sheets,packed and rolled	6,0
21	Bloom,ingots,slabs	4,5
22	Rolled profile,rails	7,0
23	Pipes up to 530mm,loose	6,5
24	Pipes of 530mm and more,loose	6,5
25	Ferrous and non-ferrous scrap in bulk	9,0

表二 1999年海參崴港之散裝貨物裝卸概況

貨 物 名 稱	重 量 (噸)
Bulk cargo	210.6
Raw sugar	59.2
Coal,coke	69.6
Construction cargo	0.3
Others	81.5
Grain in bulk,total:	379.1
Logs and lumber,total:	132.7
General cargo,total:	4609.1
Cargo by ferries	78.7
Other break-bulk cargo	4129.4
Perishables	3.2
Metal cargo	3973.8
Machines,equipment and metal goods	26.6
Chemical cargo	1.1



海參崴港的原木吊運碼頭



貨櫃裝卸碼頭

港灣報導徵稿簡訊

1. 本刊為提供國內港灣工程界同仁交換工作經驗與心得之園地，歡迎工程、學術界之同仁提供港灣工程相關之工程動態、實務、工程新聞、技術新知、地工技術、工程材料、營運規劃及其他有關之工程簡介或推動中之計畫等的報告、論著或譯述。
2. 來稿請繕寫清晰並註明標點；如有插圖，請用白紙黑繪。
3. 來稿每篇以八頁(含圖)以內為原則，稿酬從優。
4. 本刊每年刊行四期，分別於一月、四月、七月、十月出版。如蒙惠稿請於每期出版前三十日寄交本刊。
5. 連絡電話：(04)26564216 轉 209 錢爾潔
傳真號碼：(04)26571329
E-mail：annachien@mail.ihmt.gov.tw
6. 歡迎賜稿，來稿請寄：
台中縣 435 梧棲鎮中橫十路 2 號
港灣技術研究中心「港灣報導編輯委員會」 收

刊 名：港灣報導

刊期頻率：季刊

出版機關：交通部運輸研究所港灣技術研究中心

台中縣 435 梧棲鎮中橫十路 2 號

網址：http://www.ihmt.gov.tw

電話：(04)26564216

總 編 輯：張金機

編輯委員：王慶福、邱永芳、賴聖耀、陳桂清、黃清和、簡仲璟、錢爾潔

出版年月：每年一、四、七、十月

創刊年月：民國七十七年二月一日

工 本 費：65 元

展 售 處：交通部運輸研究所港灣技術研究中心

GPN：2009000376

ISSN：1019-2603