

シンガポール構造物腐食研究

計画打合せ調査団報告書

平成4年5月

国際協力事業団

社会開発協力事業部

社協一

J R

92 - 019

119/627

シンガポール構造物腐食研究

計画打合せ調査団報告書

JICA LIBRARY



1099564(5)

23963

平成4年5月

国際協力事業団

社会開発協力事業部

国際協力事業団

Z3963

序 文

1983年5月、当時の中曽根首相はアセアン諸国歴訪の際、アセアン諸国と科学技術を分かち合うとの観点からの技術協力を提唱した。本構想に基づき、同年11月より12月にかけて、東京で開催された高級事務レベル会合および閣僚会議で協力内容が検討され、これを受け、アセアン科学技術委員会（COST）はバイオテクノロジー、マイクロエレクトロニクス及びマテリアルサイエンスの3分野での協りに合意した。

これら3分野のうちマテリアルサイエンス分野についてはアセアン側よりプロジェクト技術協力量式による協力を要請してきたため、国際協力事業団は1985年8月以降アセアン諸国に一連の調査団を派遣し、シンガポールについては1987年8月13日に討議議事録（R/D）への署名を了し、同年10月1日より3年間の協力期間をもって「日本－アセアン科学技術協力」の一環としての本プロジェクトが実施され、さらに1990年10月1日から2年間、協力期間を延長して協力を実施している。

今回、協力期間延長後約一年半が経過した現在のプロジェクトの状態及び問題点を把握するとともに、今後の協力計画についてシンガポール側と協議することを目的として、1992年3月16日から3月21日までの6日間、運輸省港湾技術研究所構造部長 野田節男氏を団長とする計画打合せ調査団を派遣した。

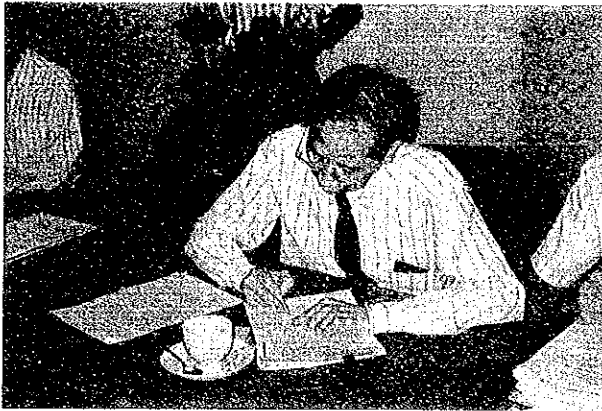
本報告書は同調査団の現地における調査、協議結果を取纏めたものである。

終わりに、今回の調査の任に当たられた調査団団員各位、ならびにご協力いただいた外務省、運輸省及び在シンガポール日本大使館その他関係機関の方々に対し、深甚の謝意を表する次第である。

平成4年5月

国際協力事業団
社会開発協力部
部長 中村 信

M/M 署名式



(Assoc. Prof Tam)



(野田团长)



表敬訪問



港湾局
(PSA)

左より

Mr. Heng Fook Yang
Mr. Philip Ng Fook Wah
Mr. Ng Geok Kwee

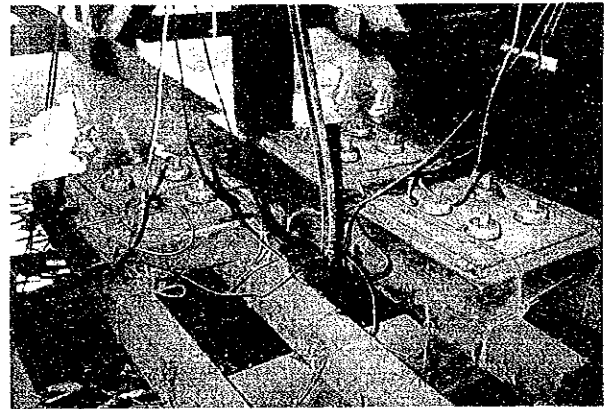
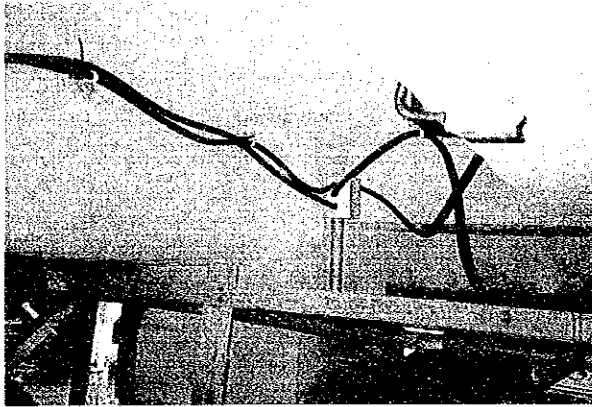
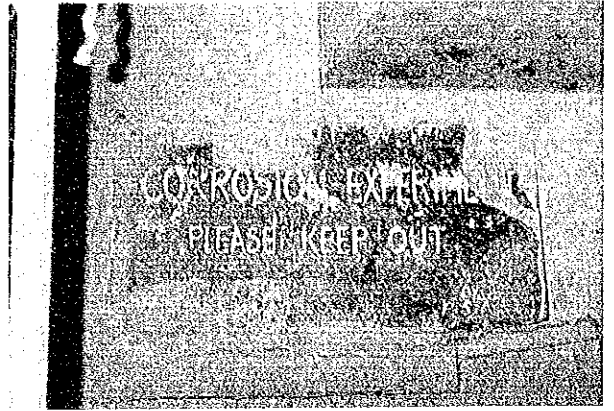
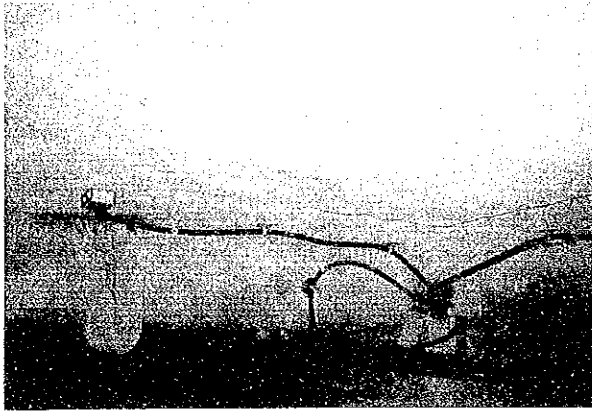


シンガポール大学
(NUS)

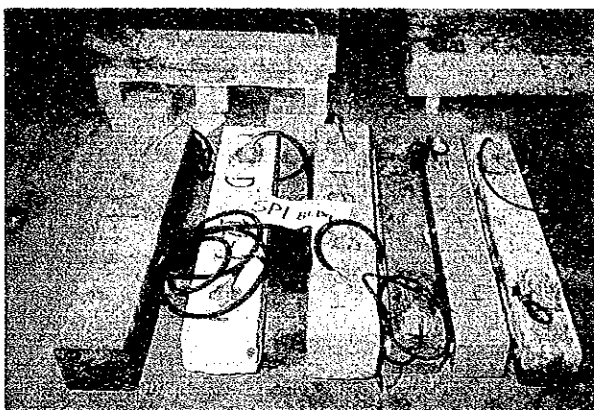
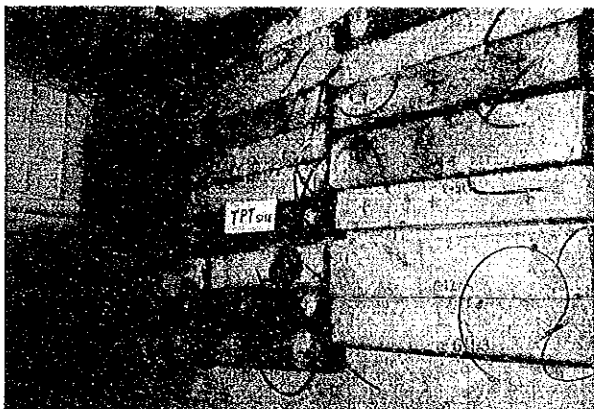
左より

Assoc. Prof
Cheong Hin-Fatt
Assoc. Prof
Tam Chat Tim

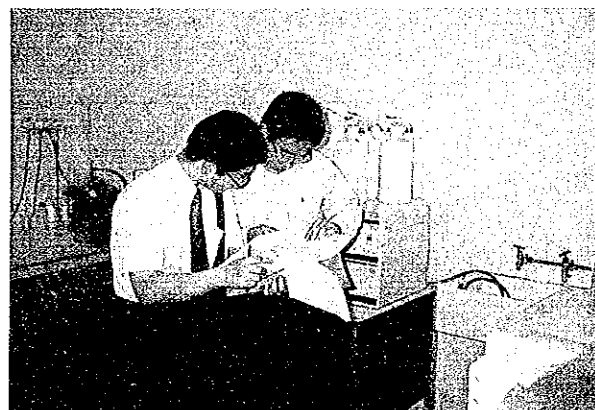
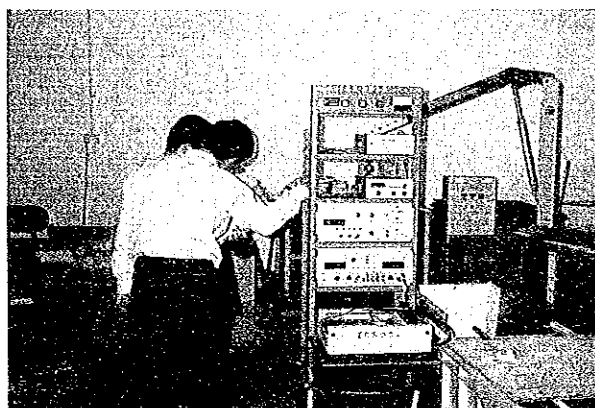
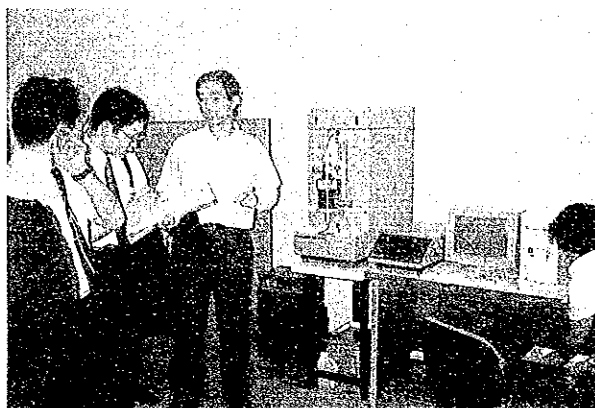
PSA サイト視察



NUS サイト視察



機材使用状況調査



目 次

序 文
写 真

1. シンガポール構造物腐食研究計画打合せ調査団	1
1-1 調査団派遣の経緯と目的	1
1-2 調査団の構成	1
1-3 調査日程	2
1-4 主要面談者	2
2. 要 約	4
3. プロジェクトの進捗状況と評価	5
3-1 プロジェクトの当初計画及び実施体制	5
3-2 専門家派遣	5
3-3 研修員受け入れ	6
3-4 機材供与	6
3-5 プロジェクトの評価	7
4. プロジェクトの詳細計画	20
4-1 全体研究計画	20
4-2 専門家派遣計画	21
4-3 研修員受け入れ計画	22
4-4 機材供与計画	22
5. 実施運営上の問題点	23
6. 調査団所見	24
7. 協議結果	25
7-1 協議経過と内容	25
7-2 ミニッツ	25

附属資料	97
1. アセアン科技協／シンガポール国 構造物腐食研究 運営委員会議事録	99
2. The 3rd Asean Science & Technology Week (TASTW) Working Committee on Materials Science & Technology 「MINUTES」	131

1 シンガポール構造物腐食研究計画打合せ調査団

1-1 調査団派遣の経緯と目的

本プロジェクトは「日本・アセアン科学技術協力」の一環として1987年8月13日に署名・交換された討議議事録(R/D)に基づき、「港湾コンクリート構造物腐食研究」・「ステンレス給水槽腐食研究」の2テーマに関し、研究手法を移転することを目的として1987年10月1日から協力実施中であり、1990年9月30日にはR/D期間を終了する予定であった。3年間の技術協力活動の進捗状況及び実績を把握することにより、プロジェクトの完成後、管理・運営の適正度及び計画の妥当性等について評価を行うとともに、シンガポール側への引き渡し可能な分野及び継続協力の必要な分野について見極めを行うことを目的として、1990年5月評価調査団を派遣しシンガポール側と協議を行った結果、同年10月1日より2年間R/D期間を延長し、「港湾コンクリート構造物腐食研究」の電気防食技術と中性化研究の2分野につき研究協力活動を継続することとなった。

今回R/D延長後約1年半が経過した現在のプロジェクトの状況及び問題点を把握するとともに、今後の協力計画についてシンガポール側と協議することを目的として計画打合せ調査団を派遣した。

1-2 調査団の構成

氏名	担当	現職
野田節男	総括	運輸省港湾技術研究所 構造部長
福手勤	構造物腐食研究	運輸省港湾技術研究所 構造部材料研究室長
白崎正浩	協力計画	運輸省港湾局建設課 国際業務室運輸技官
成田明敏	協力企画	国際協力事業団社会開発協力部 社会開発協力第一課長代理
花里信彦	業務調整	国際協力事業団社会開発協力部 社会開発協力第一課ジュニア専門員

1-3 調査日程

日 順	月 日		調 査 内 容
1	3月16日 (月)	13:25 19:35	成田 (JL-719) シンガポール着
2	3月17日 (火)	09:00 10:30 11:00 14:30 15:00	JICAシンガポール事務所、表敬打合せ 在シンガポール日本大使館表敬 JICA専門家との打合せ 科学技術庁 (NSTB) 表敬 JICA専門家との打合せ
3	3月18日 (水)	09:00 10:00	シンガポール大学 (NUS) 表敬 NUS、NSTB、港湾局 (PSA)、と協議及びプロジェクトサイト (NUS) 視察
4	3月19日 (木)	09:00 14:00	M/M作成 プロジェクトサイト (NUS) 視察
5	3月20日 (金)	09:00 11:00 14:00	協議内容確認 M/M署名 JICAシンガポール事務所報告
6	3月21日 (土)	08:40 16:00	シンガポール発 (JL-712) 成田着

1-4 主要面談者

シンガポール側

(1) 科学技術庁 (National Science & Technology Board)

Dr. Chow Sian Kiang Executive Director
Ms. Rosa Tan Head(Administration), Cooperate Services Division
Ms. Chin Kiat Pein Sr. Executive officer, Cooperate Services Division

(2) シンガポール大学 (National University of Singapore)

Assoc. Prof. Cheong Hin-Fatt Head, Department of Civil Engineering
Assoc. Prof. Tam Chat Tim Vice Dean, Faculty of Engineering
Dr. Ting Seng Kiong Senior Lecturer, Department of Civil Engineering
Dr. Wee Tiong Huan Lecturer, Department of Civil Engineering
Mr. Lim Huay Bak Principal Lab. Technologist Department of Civil Engineering

(3) 港務局 (Port of Singapore Authority)

Mr. Philip Ng Fook Wah	Director (Engineering) Engineering Division
Mr. Ng Geok Kwee	Exec. Civil Engineer, Planning & Design Department, Engineering Division
Mr. Tan Gak Peng	Civil Engineer, Geotechnical & Hydraulics Department, Engineering Division
Mr. Heng Fook Yang	Senior Technical Officer (civil) Construction & Maintenance Department

日本側

(1) 在シンガポール大使館

吉海浩一郎	一等書記官
-------	-------

(2) JICAシンガポール事務所

星達夫	所長
石田幸男	所員

(3) JICAプロジェクト

池上明夫	リーダー
兼城繁雄	調整員

2 要 約

当初1987年10月より3年間の協力で始まった日本アセアン科学技術協力・シンガポール構造物腐食研究プロジェクトは、1990年6月の見直しの段階でさらに2年延長して、新たに①電気防食技術、②コンクリートの中性化、という2つのテーマについて研究し、シンガポールの特殊環境下における「港湾コンクリート構造物の鉄筋の腐食対策」を目指してきた。

プロジェクトの現状は、②のコンクリートの中性化に関する試験が、幾分立ち遅れていたものの、プロジェクトの本来の目的である各試験担当のカウンターパートへの技術移転は、電気防食、中性化両分野とも3-5に示すようにほぼ順調に進んでいると評価される。

よって、今後のプロジェクト計画では大幅な変更の必要はなく、本プロジェクトの各協力分野についてより明確に設定することとし、これをシンガポール側と協議した後合意に達した。

なお、コンクリートの中性化に関する試験そのものの立ち遅れとして研究助手の不足問題があった。これについては双方に意見の食い違いがあったが、シンガポール側でも問題の重大さは認識しており、今後のプロジェクト計画にお互い最善を尽くすことで合意した。

3 プロジェクトの進捗状況と評価

3-1 プロジェクトの当初計画及び実施体制

シンガポール構造物腐食研究プロジェクトは1990年5月31日に取り交わされたミニッツにより、新たに、1990年10月1日から1992年9月までの2年間協力が延長されることとなった。(表3-1)

延長期間に行う研究課題は、①鉄筋コンクリートの電気防食工法の開発、②コンクリート中性化対策技術の確立、の2点でありシンガポール側との共同研究の形をとることにより、その中で技術移転を行うことを目的としている。

①の項目についてはまだ新しい工法でもあり、電気防食に関する知識そのもの技術移転をはかる。②の項目についてはシンガポールのような特殊な環境条件における中性化問題に対し、実際に試験することによって、対策技術の確立手順の技術移転をはかる。

本プロジェクトの技術移転の対象となるカウンターパートの実施体制を(表3-2)及び(表3-3)に示す。

3-2 専門家派遣

(1) 長期派遣専門家

本プロジェクトの実行にあたり、延長期間の全般にわたって研究の援助、助言、指導を行うために長期派遣専門家(池上明夫(住友セメント)派遣期間:1990.08.26~1992.09.30)を1名派遣した。

1年半過ぎた現時点で、現場暴露試験及び室内促進試験の進捗、各種試験機材の選定及び現地での手配などは本専門家の尽力によるところが大きく、また、技術移転についてもおおむね適切に行われていた。

(2) 短期派遣専門家

本プロジェクトの実行にあたり、延長されてから現在までに計9名の短期派遣専門家を派遣した。(表3-4)

No.1~No.3の専門家は、電気防食試験(現場暴露試験及び室内促進試験)の機材設置の指導にあたった。No.4の専門家は機材の保守管理指導で派遣しており、現地調達した残り4種類の機材設置も含めて指導を行った。

No.5はシンガポールが実施するマレーシアとタイへの技術交換に同行し、日本における構造物腐食研究の最新動向について巡回セミナーを行った。

No.6の専門家は、3カ月中性化深度の測定時期に派遣し、中性化に関する分析手法の指導を行った。

No.7~No.9の専門家は主に電気防食の評価手法の技術指導を行った。なお、No.9の専門家は

中性化の分析手法の指導も行ったが、中性化の指導については派遣期間に余裕がなく、No.6で行われたフォローアップをするにとどまった。

短期派遣専門家は、派遣時期については長期専門家との連絡が密であったために適切に行われていた。また、No.9の専門家については派遣期間に対して指導内容が多く、派遣期間が当初より2週間が限度であったことから、人数を増やして当初計画に対応すべきであった。

3-3 研修員受け入れ

カウンターパート研修については以下のとおり行った。

1990.10.29~1990.11.17 Dr. Ting Seng Kiong (NUS)

Mr. Looi Tek Leong (PSA)

Dr. Mustaza HJ Admadun (APCFC)

Dr. Tingが実質のカウンターパートである。港湾構造物腐食に関する研究施設及び電気防食工事施工例の視察、理論学習を行った。時期としては延長の試験準備が始まったばかりであり、電気防食の理解には非常に効果的であった。Dr. Mustazaはマレーシアより参加した。同氏はこの研修を通じ、鉄筋コンクリート構造物の腐食の問題に非常に興味を示し、自国に戻った後、マレーシアの港湾コンクリート構造物のメンテナンスに関する研究を開始しようとしているとのことである。この点からも本研修は評価できる。

1991.05.13~1991.06.01 Dr. Wee Tiong Huan (NUS)

中性化のカウンターパートである。港湾構造物腐食に関する研究施設及び防食工事施工例の視察、理論学習を行った。時期としては3カ月中性化深度の測定前であり、また分析の始まったばかりのところである。同氏は日本語も良くでき、本研修において理解も早かった。同氏が中性化対策に対し非常に興味を示したことから、本研修は評価できる。

1991.11.10~1991.11.30 Mr. Tan Gak Peng (PSA)

Mr. AK MENUDDIN PLW PG HJ YUSSOF (APCRCS)

Mr. Tanが実質のカウンターパートである。港湾構造物腐食に関する研究施設及び電気防食工事施工例の視察、理論学習を行った。時期としては、電気防食の現地試験のデータが順調にとれ始めている段階である。現地試験はPSAが本プロジェクト終了後も引き続きMr. Tanが観測し、データを収集することから、初めの段階で研修を行ったことは非常に効果的であった。MR. MENUDDINはブルネイより参加した。同氏は本研修で港湾構造物腐食研究の重要性を初めて認識した。

以上、研修員受け入れについては時期、人選、内容とも効果的に実行されたと評価できる。

3-4 機材供与

機材供与については調査を行った結果、以下に示すとおりであった。

- ・メンテナンスの問題があるため、延長後の機材供与についてはなるべく現地調達とした。
(表3-5)

- ・日本より機材を購送した場合、手続きしてから機材搬入にかかる期間は通常約3カ月であり、港におけるクリアランスの問題は全くなかった。
- ・PSAに供与した機材に関してはすべて日本からの購入であったため、時期、数量ともに問題がなく、稼働状況も順調であった。
- ・NUSに供与した機材に関しては、現地調達を行った機材の一部（ポロシメータ、トルクディテクター、記録計用部品、ガスサンプラー）が若干搬入に遅れた。これは、はじめ取扱業者との交渉に手間取ったためであった。遅れた分については池上長期専門家にフォローしていただいた。今後は問題にならないものと思われる。
- ・現在、NUSではすでに所有しているチャンバー（小室）2つのうち、1つが本プロジェクト以外のプロジェクト及び機材（これは授業に使用するものであると思われる）に半分使われていた。これは、NUS内においては本プロジェクトのプライオリティが低く、他の高いプロジェクトが一部を占拠しているためである。とのことであった。しかし、このことは本プロジェクトの進捗に若干影響するものであったため、使用機材の適性を指摘する必要があった。

機材についてはプロジェクトの進捗に合わせて、搬入されており、機材供与自体が本プロジェクトの研究の遅れとなった原因とはなっていないことが確認された。

3-5 プロジェクトの評価

研究の各項目別における移転状況は（表3-6）に示す。各カウンターパートの本プロジェクトでの活動ぶりに対する総合評価は以下のとおりである。

A/Prof. Tam Chat Tim：シンガポール大学土木工学科教授（同学科の副主任）

シンガポール側の責任者としてプロジェクト運営の中心的役割を果たしている。しかし、大学（NUS）内において本プロジェクトに余り高い評価を与えなかったため、適正な人員配置が困難となり、そのために他のカウンターパートや日本側専門家への負担が大きくなったり、試験実施の遅延を招くことになった。

Dr. Ting Seng Kiong：シンガポール大学土木工学科上級講師

電気防食（室内試験）の責任者。1990.10.29～1990.11.17のカウンターパート研修における理論、技術的知識の理解力は充分であった。しかし、日本側短期専門家派遣時にあまり熱心に活動せず、日常の試験実施も研究室の実施担当者（助手）に適切なアドバイスをしなかったため、日本側で業務のサポートをする必要があった。試験の進捗には問題があるが、技術移転はなされている。

Dr. Wee Tiong Huan：シンガポール大学土木工学科講師

中性化試験の責任者。1991.05.13～1991.06.01のカウンターパート研修における理論、技術的知識の理解力は充分であった。プロジェクト当初は意欲的に研究計画の立案等を行ったが、研究助手が確保できず、その結果高度なレベルの研究成果をプロジェクト期間内にあげることが難しくなってしまった。プロジェクト終了後も継続して研究を続け、日本側研究者とも協力していきたい意思を持っており、長期的には良い研究成果がえられるものと期待される。

Mr. Lim：シンガポール大学実験室責任者

電気防食、中性化（室内実験）の担当者。シンガポール大学土木工学科のコンクリート実験室の技官を総括する責任者で、供試体を対象とした各種実験の実施やデータの読み取り、分析などの中心的役割を果たして、当該分野における技術面の修得はなされたと評価される。

Mr. Ng Geok Kwee：シンガポール港湾庁上級土木技官

電気防食（現場試験）のリーダー。前任者のMr. R. Radha Krishnanが1992年1月にPSAを辞職したため、その後を引き継いだ。電気防食試験には直接関与していないが、1991年6月に実施したアセアン域内セミナーのメンバーとして講師を担当するなどプロジェクトの推進に一役かっている。

Mr. Tan Gak Peng：シンガポール港湾庁土木技官

電気防食（現場試験）の担当者。現在、現場試験に関するすべての業務を実務レベルで担当している。1991.11.10～1991.11.30のカウンターパート研修に参加し、技術的な理解も深く、独自で業務を実施し得るレベルに達しているものと判断される。また、プロジェクトのビデオ記録の編集、対外的な技術報告の作成、さらには日本語の習得にも努力するなどプロジェクト全体の業務推進に積極的に参加、寄与している。

Mr. Heng Fook Yang：シンガポール港湾庁上級技官

電気防食（現場試験）の担当者。長らくPSAの建設現場（Pasir Panjang Wharf）担当者としてプロジェクトからは離れていたが、1992年1月より現在の建設、補修部署に復帰した。Phase I（延長前）においては劣化実態調査の中心的な担当者としてプロジェクトに寄与した。

以上の状況を鑑みれば、研究自体の進捗は思うほど進んではいないが、プロジェクトの当初の目的であった技術移転という観点からはほぼ順調に行われており、日本側の協力は充分なされたと評価できる。

表 3-2 シンガポール構造物腐食研究プロジェクト

カウンターパート実施体制

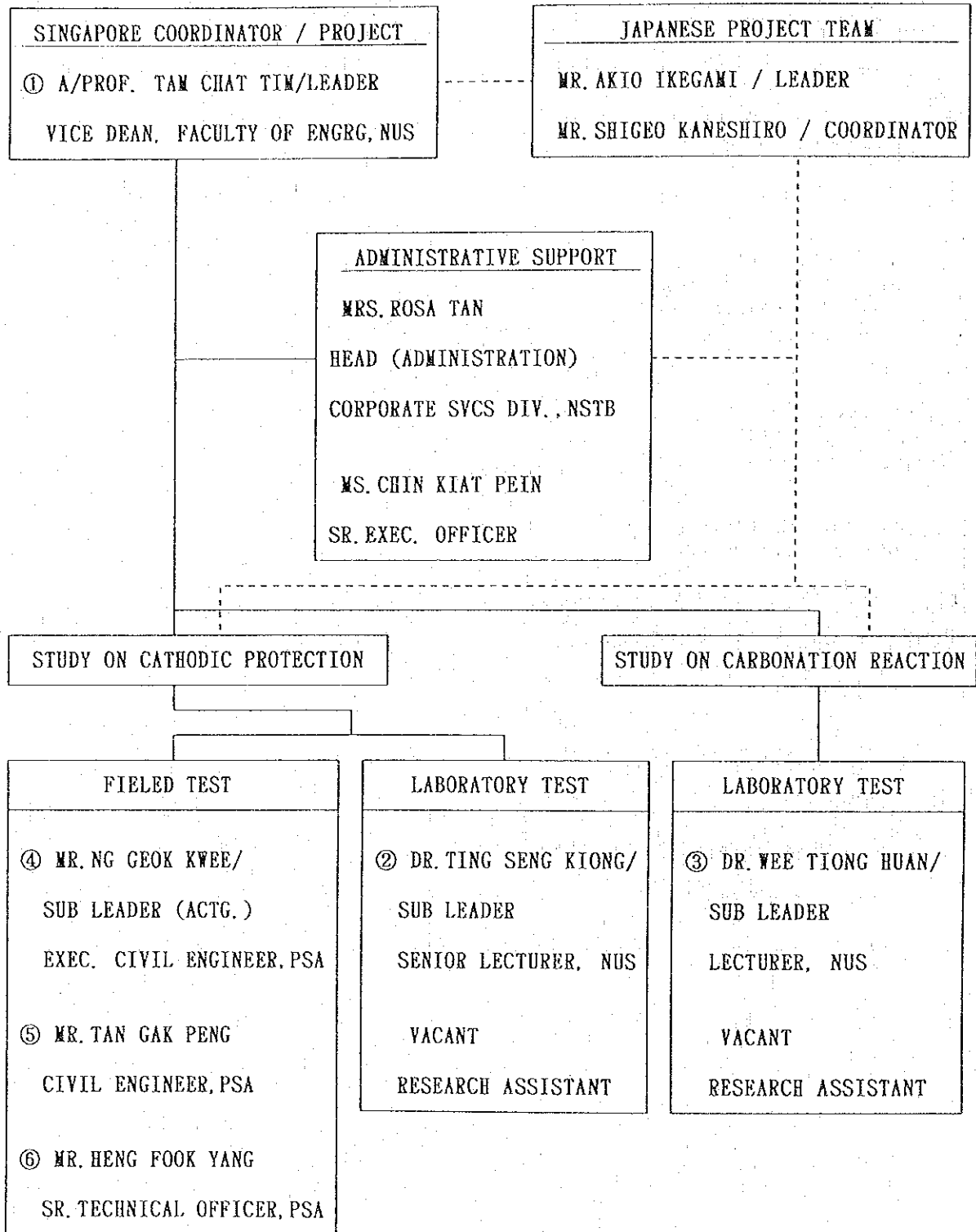


表3-3 カウンターパートリスト

氏名	分野
① A/PROF. TAM CHAT TIM VICE DEAN. FACULTY OF ENGRG, NATIONAL UNIVERSITY OF SINGAPORE	SINGAPORE COORDINATOR / PROJECT LEADER, APPCS
② DR. TING SENG KIONG SENIOR LECTURER, DEPT. OF CIVIL ENGINEERING, NATIONAL UNIVERSITY OF SINGAPORE	SUB LEADER, STUDY ON CATHODIC PROTECTION (LABORATORY TEST)
③ DR. WEE TIONG HUAN LECTURER, DEPT. OF CIVIL ENGINEERING, NATIONAL UNIVERSITY OF SINGAPORE	SUB LEADER, STUDY ON CARBONATION REACTION (LABORATORY TEST)
④ MR. NG GEOK KWEE EXEC. CIVIL ENGINEER, PLANNING & DESIGN DEPT., ENGINEERING DIV., PORT OF SINGAPORE AUTHORITY	SUB LEADER (ACTING), STUDY ON CATHODIC PROTECTION (FIELD TEST)
⑤ MR. TAN GAK PENG CIVIL ENGINEER, GEOTECHNICAL & HYDRAULICS DEPT., ENGINEERING DIV., PORT OF SINGAPORE AUTHORITY	STUDY ON CATHODIC PROTECTION (FIELD TEST)
⑥ MR. HENG FOOK YANG SR. TECHNICAL OFFICER, CONSTRUCTION & MAINTENANCE DEPT., ENGINEERING DIV., PORT OF SINGAPORE AUTHORITY	STUDY ON CATHODIC PROTECTION (FIELD TEST)

表 3 - 4 短期派遣専門家派遣実績

No.	氏 名	指導分野	所 属 先 ・ 肩 書	派遣期間
1	峰 松 敏 和	電 気 防 食	住友セメント(株) セメント・コンクリート 技術開発センター 主任研究員	91.02.28 ~91.03.21
2	篠 田 吉 央	電 気 防 食	中川防蝕(株) 技術開発研究所 コンサルタント事業部主任	91.03.07 ~91.03.14
3	福 手 勤	港湾構造物腐食 研究	運輸省港湾技術研究所 構造部材料研究室長	91.03.17 ~91.03.21
4	清水口 敬 孝	機材保守管理	中川防蝕(株) 東京支店 技術第一課主任	91.03.25 ~91.04.20
5	福 手 勤	港湾構造物腐食 研究	運輸省港湾技術研究所 構造部材料研究室長	91.06.14 ~91.06.23
6	大 門 正 機	港湾構造物腐食 研究	東京工業大学無機材料工学科教授	91.08.04 ~91.08.10
7	峰 松 敏 和	電 気 防 食	住友セメント(株) セメント・コンクリート 技術開発センター 主任研究員	91.10.23 ~91.11.03
8	篠 田 吉 央	電 気 防 食	中川防蝕(株) 技術開発研究所 コンサルタント事業部主任	91.10.23 ~91.11.13
9	浜 田 秀 則	港湾構造物腐食 研究	運輸省港湾技術研究所 構造部材料研究室	91.10.23 ~91.11.03

表 3-5 (1) 平成 2 年度機材供与実績 (NUS分)

機 材 名	数 量	用 途	搬 入 日	使 用 状 況
MOISTURE BALANCE OHAUS M8200	1	骨材水分計	1990.12.19 現地調達	使用中
HOBART MIXER A200	1	ホバートミキサー :モルタルを練る機械	1990.12.19 現地調達	使用中
HOBART MIXER N50	1	ホバートミキサー :セメントペーストを練る機械	1990.12.19 現地調達	使用中
C.P. TEST MATERIALS (ZINC PLATE, BACK-FILL, ANCHOR BOLT, BOLT-CAP, FILLER PASTE)	1 set	室内試験 (電気防食) 用各種材料	1991.02.08	使用中
POTENTIOSTAT/GALVANOSTAT HA-151	5	ポテンショスタット/ガルバノスタット (コンクリート腐食度測定機器) :一定の電流を流す装置	1991.02.08	
ZERO-SHUNT AMMETER HM-103	7	零抵抗電流計 (コンクリート腐食度測定機器) :電流量を測定する装置	1991.02.08	1セットで使用
RECORDER 4082-31-01	2	30打点用記録計	1991.02.08	
C.P. EXPOSURE TEST SPECIMEN	6	電気防食暴露試験体	1991.02.08	使用中
PARTS FOR CO ₂ GAS SAMPLER (BAG SKC-232-15)	2	ガスサンプラー用部品: 中性化を測るために供 試体に詰めた二酸化炭素量を測定する	1991.03.20 現地調達	使用中
PARTS FOR CO ₂ GAS SAMPLER (COMPRESSOR THOMAS CDC18)	2	ガスサンプラー用部品: 中性化を測るために供 試体に詰めた二酸化炭素量を測定する	1991.03.20 現地調達	使用中
PORE SOLUTION EXPRESSION APPARATUS	1	孔隙水抽出装置 :強制的に水を抽出する装置	1991.03.20 現地調達	使用中

表3-5(3) 平成2年度機材供与実績 (PSA分)

機 材 名	数 量	用 途	搬 入 日	使 用 状 況
REINFORCEMENT DETECTOR PROFONETER 3	1 set	鉄筋探査計： 実構造物試験（電気防食）現場に直接設置	1991.02.08	使用中
DIGITAL MULTIMETER 8060A	3 set	マルチメーター： 実構造物試験（電気防食）現場に直接設置	1991.02.08	使用中
STANDARD ELECTRODE	6 pcs	基準電極 実構造物試験（電気防食）現場に直接設置	1991.02.08	使用中
REFERENCE ELECTRODE	63 pcs	参照電極 実構造物試験（電気防食）現場に直接設置	1991.02.08	使用中
TITANIUM MESH, ELGARD #210	68㎡	チタンメッシュ 実構造物試験（電気防食）現場に直接設置	1991.02.08	使用中
TITANIUM MESH, RIBBON 1/2 & 1/4 in	100 m	チタンリボン 1/2 & 1/4 インチ 実構造物試験（電気防食）現場に直接設置	1991.02.08	使用中
CURRENT DISTRIBUTOR BAR	74m	誘導バー 実構造物試験（電気防食）現場に直接設置	1991.02.08	使用中
ANODE MESH CLIP	1 set	メッシュ用クリップ 実構造物試験（電気防食）現場に直接設置	1991.02.08	使用中
JET CEMENT	33kg	ジェットセメント 実構造物試験（電気防食）現場に直接設置	1991.02.08	使用中
OVERAY POLYMER	10pcs	オーバーレイ用ポリマー 実構造物試験（電気防食）現場に直接設置	1991.02.08	使用中
POTENTIOSTAT/GALVANOSTAT HA-151	5	ポテンショスタット/ガルバノスタット(コンクリート 腐食度測定機器)：実構造物試験（電気防食）現場に直接設置、一定の電流を流す装置	1991.02.08	1台故障、2台をPCカセットにて補充 使用中（1台予備）

表 3 - 5 (5) 平成 3 年度機材供与実績 (NUS、平成 3 年度はNUSのみ)

機 材 名	数 量	用 途	搬 入 日	使 用 状 況
DIONEX ION CHROMATOGRAPH SYSTEM 2000i/SP	1	イオンクロマトグラフ：微量な塩素イオン等を測る装置	1991.11.20 現地調達	使用中
OMNI MIXER OM-30A	1	オムニミキサー：特殊コンクリート、モルタルを混ぜ練る機械	1992.01.07 現地調達	未使用、6月より始まる夏休みから使用する予定
SUPER DOUBLE MIXER SD-100	1	ダブルミキサー：試験用コンクリートを二軸で強制的に混ぜ練る機械	1992.01.07 現地調達	未使用、6月より始まる夏休みから使用する予定
X-RAY DIFFRACTOMETER XD-DI	1	X線回折装置：コンクリート中の鉱物組成の変化を測定する装置	1992.01.24 現地調達	使用中
RAPID CHLORIDE PERMEABILITY TEST EQUIPMENT, VERSION 2,3	1	塩素浸透性測定装置：強制的に塩素を注入し、迅速に塩素の浸透性を電気抵抗により測る装置	1992.01.28 現地調達	使用中
HIGH RESOLUTION SPUTTER COATER BIO-RAD SC 500A	1	スパッタコーター (走査型電子顕微鏡付属装置)：試料表面をコーティングして電子顕微鏡で見えるようにする装置	未 着 (現地調達予定)	—
PREAZE DRYER, EDWARDS ETD4 TISSUE DRYER UNIT	1	フリーズドライヤー (走査型電子顕微鏡付属装置)：試料を冷凍乾燥する装置	未 着 (現地調達予定)	—
NI1/H LABORATORY MUFFLE FURNACE NABERTHERM MAXTEMP 1280 °C	1	電気マッフル炉：分析試料を高温処理する装置	未 着 (現地調達予定)	—

※平成 4 年 3 月 10 日現在、未着の 3 件については年度内に到着、6 月より使用する予定。

表3-6(1) シンガポール構造物腐食研究プロジェクト 現時点における技術移転状況
 (優…十分に理解している。良…おおむね理解している。可…理解に乏しい。)

移 転 項 目	カウンタパーパート	理解度	移 転 状 況
1. 鉄筋コンクリート構造物の電気防食 1) 実構造物試験 ① 計画作成	Mr. TAN GAK PENG	優	実構造物試験の必要性・原理を理解しており、試験に必要な機材、試験手順など試験に関する各設定ができる段階にある。
② 試験機器のセットアップ	Mr. TAN GAK PENG	良	実構造物への測定装置設置については現地コンサルタントに委託しており、TAN氏がセットアップに立ち会った。
③ 測定手法	Mr. TAN GAK PENG	優	順調にデータを蓄積している。測定機器取扱も順調である。購入済の消耗品についての維持管理も良好であった。
④ 測定値の評価	Mr. TAN GAK PENG	優	検出された異常値を認識する能力を持つとともに、データに対する考察ができており、電気防食効果に対する判断力がある。
2) 室内促進試験及び現場暴露試験 ① 計画作成	Dr. TING SENG KIONG	優	電気防食の原理を理解しており、室内促進試験及び現場暴露試験に必要な機器、試験手順など試験に関する各設定ができる段階にある。
② 試験機器のセットアップ	Mr. LIM	優	試験体の制作、各種試験装置を使った測定を理解し、試験に必要な準備作業が滞りなく行える。
③ 測定手法	Mr. LIM 他 TECHNICIAN 達	優	各種計測ができ、各テクニシャン(技師員)へ指導している。
④ 測定値の評価	Dr. TING SENG KIONG	良	派遣専門家の技術指導により、各種データに対する適切な評価が下せるが、本試験に積極的な参加はなかった。
※今後本研究が予定している移転事項 (⑤データの分析手法、⑥分析結果) の評価、⑦とりまとめ	Dr. TING SENG KIONG	—	

表 3-6 (2) シンガポール構造物腐食研究プロジェクト 現時点における技術移転状況
 (優…十分に理解している。良…おおむね理解している。不可…理解に乏しい。)

移 転 項 目	カウンタースパート	理 解 度	移 転 状 況
2. コンクリートの中性化 1) 室内促進試験及び現場暴露試験 ① 計画作成	Dr. WEE TIONG HUAN	優	コンクリートの中性化の理論を理解しており、室内促進試験及び現場暴露試験に必要な機器、試験手順など試験計画を意欲的に行った
② 試験機器のセットアップ	Dr. WEE TIONG HUAN Mr. LIM	優	試験体の制作、各種試験装置を使った測定を理解し、試験に必要な準備作業が滞りなく行える。
③ 測定手法	Dr. WEE TIONG HUAN Mr. LIM	優	各種予測ができ、各テクニシャン（技術員）へ指導ができる。
④ 測定値の評価	Dr. WEE TIONG HUAN	優	検出されたデータの適切な評価が下せる。
⑤ データの分析手法	Dr. WEE TIONG HUAN	良	派遣専門家の技術指導により、データの分析手法は理解しているがまだ試験自体が進んでいないため、データ解析に着手していない。
※今後本研究が予定している移転事項 (⑥分析結果の評価、⑦とりまとめ)	Dr. WEE TIONG HUAN	—	

4 プロジェクトの詳細計画

日本・アセアン科学技術協力・シンガポール構造物腐食研究プロジェクトは本年9月をもって終了する。また、日本・アセアン科学技術協力全体も本年9月に最終評価を控えている。

今回のミッションでは、「3. プロジェクトの進捗状況と評価」を踏まえた上で、本プロジェクトが達成すべき目標をより具体的に設定することに主眼をおいている。

よって残り6カ月の計画は以下のとおりとした。

4-1 全体研究計画

(1) 電気防食試験

① 実構造物試験

1991年3月より計測が始まっており、現在も順調にデータの取得がなされている。本試験担当のカウンターパートへの技術移転もほぼ完了しており、あとは分析・評価作業を残すのみである。

よって本試験は、4月中旬に一旦とりまとめ作業を行うものとし、レポートの作成に着手することとする。

なお、本試験計画は長期的な観測が必要である。PSAはプロジェクト終了後も引き続き行うと言っており、技術移転の成果が発揮されるものと期待される。

② 室内促進試験及び現場暴露試験

シンガポール側の対応の悪さがあったものの、日本側の派遣専門家の尽力により試験はほぼ順調に実施されている。また、本試験担当のカウンターパートへの技術移転はほぼ順調に行われている。

よって本試験計画は、6月初めの破壊試験をもって試験終了とする。

(2) 中性化試験

研究助手(R/A)の確保ができなかったため、試験の進捗は当初スケジュールより大幅に遅れてしまっている。しかし、本試験担当のカウンターパートの意欲は高く、技術移転状況は非常に良好であった。カウンターパート本人は、「現時点ではレベルの高い成果は期待できないが、引続き日本と共同研究を続け良い成果を上げたい。」と考えている。

よって本試験計画は、6月までに得られた各種データ(中性化深度、X線回折、マイクロストラクチャー分析)についての分析・評価を行うこととする。なお、コンクリートの中性化対策について結論を出すにはまだ試験を続行する必要がある。しかし、試験手法自体はカウンターパートに技術移転されているので、今後、カウンターパートの研究として良い成果が得られることを期待する。

(3) とりまとめ

NUSでは6月より夏休みが始まるため、分析・とりまとめ作業も6月に集中するものと思われる。また、日本・アセアン科学技術協力全体で行われる域内セミナーが9月にあり、このために発表する最終レポートもそれまでに作成する必要がある。

よって本計画は、分析・とりまとめに1カ月半、最終レポート作成に3カ月をかけて8月までに作業を終了することとする。

4-2 専門家派遣計画

(1) 長期派遣専門家

本試験計画の遂行にあたって、現在、本プロジェクトのノウハウを有する長期専門家2名(池上明夫/プロジェクトリーダー、兼城繁雄/プロジェクトコーディネーター)を欠くことは考えられない。

よって、2名については当初計画どおり派遣することとする。

(2) 短期派遣専門家

- ・電気防食試験…実構造物試験、室内促進試験及び現場暴露試験ともにほぼ順調に進んでいるため、4月～5月に専門家を派遣し、とりまとめの指導を行うものとする。指導には効率及び効果を勘案し、2名とする。
- ・中性化試験……分析・とりまとめ作業及び最終レポートの初稿の出来上がる時期にあわせて6月の中旬より専門家を派遣し、とりまとめの指導を行うものとする。指導には効率及び効果を勘案し、2名とする。
- ・マルチラテラル活動(フォローアップ調査)
 - …日本・アセアン科学技術協力はアセアン6カ国間においてマルチラテラル活動としての技術交換を行っておりそれらの効果を確認するためのフォローアップが必要である。昨年度のマレーシア、タイに引き続き、本年度はブルネイ、フィリピン、インドネシアを巡回し、本活動で現在までに行った技術交換のフォローアップ調査を行うとともに、あわせて巡回セミナーを行うこととする。
- ・域内セミナー…日本・アセアン科学技術協力として最終域内セミナーが9月に行われる。本セミナーには他のアセアン5カ国より各1名ずつ、シンガポールより3名を講師として派遣し、1人1テーマで発表を行う。このうち、本構造物腐食プロジェクトからはステンレス1名(建設省担当案件、すでに終了)、コンクリート2名を講師として派遣することとする。
- ・最終評価……本プロジェクトの最終評価調査団はプロジェクトの終了する9月に派遣することとする。

4-3 研修員受け入れ計画

本プロジェクトで行われたカウンターパート研修は時期、人選、内容とも効果的に研修員への技術移転が行われており、好評を得ている。

よって本受け入れ計画ではさらに次のとおり研修員を受け入れるものとする。

- ・コンクリートの中性化…最終とりまとめの始まる5月～6月に1名3週間程度の受け入れを行い、日本における、コンクリートの中性化に対する対策技術を研修させるものとする。
- ・電気防食……………最終報告書の出来上がる時期でかつ最終評価を目前に控えた7月～8月に2名3週間程度の受け入れを行い、日本の電気防食の現状を研修させるものとする。なお、このうち1名は技術交換として、シンガポール以外のアセアン5カ国より参加することとする。

4-4 機材供与計画

機材供与については、現在まで計画的に行われており、本プロジェクトに支障の生じるような遅れは見られなかった。今後は本プロジェクト終了に向けて最も効果的な供与を行わなくてはならない。特に、研究助手(R/A)の確保は本プロジェクトの成否に大きくかかわっており、現在募集している研究助手が雇用可能となれば機材の購入よりも効果は高いと思われる。

よって本供与計画では、研究助手雇用に柔軟に対処できるよう、機材に優先順位をつけ、予算枠内で順次購入することとし、振替えが利くように配慮した。機材の選定にあたっては本プロジェクトを遂行する上で試験効率の上がるものを第一とし、本プロジェクト終了後も引続き研究を行うために必要となる試験の関連機材はその次とした。

5 実施運営上の問題点

当初、本プロジェクトは、共同研究を行う過程で計画手法、実験手法、分析・評価等の技術移転がなされると見込まれた。しかし本研究に必要な研究助手がなかなか雇用されていなかった。この問題に関して、日本のプロジェクトリーダーは再三シンガポール側に努力を促したのが、その対応は悪く、その結果、研究が大幅に立ち遅れることとなった。今回の調査で最も問題であったのは以下の2点であった。

- ・当初、研究助手にはブルネイの学生を雇用する、ということで話が付いていたのだが、この学生がNUS内の他の研究プロジェクトに配置されてしまったことがあった。これはプロジェクトリーダーがNUS内で行われる年間計画の会議で本プロジェクトを低いランクに位置したことが原因であった。日本側が気付いたときにはすでに遅く、その学生は本プロジェクトのチャンバーの一部を使用し、他の研究プロジェクトにあたっていた。
- ・また1月から中性化試験についての研究助手（ミャンマーの学生）については、ワーキングビザの取得にかかる手続きにトラブルがあり、調査団の派遣された時点（3月）でまだ正式な雇用の適用を受けておらず、給料も本人に手渡されていない、という状況であった。

6 調査団所見

本プロジェクトで行う研究は我が国から見ても研究価値の高い案件であり、十分に世界に通用する内容である。

本調査団での評価では我が国の協力は十分に行われており、全く問題がなかった。各試験担当の各カウンターパートも技術のノウハウの習得に励み、その吸収力は高く評価できた。にもかかわらず、試験をサポートする人員の募集体制、当初予定していた研究助手の他プロジェクトへの流用、ワーキングビザの取得、などの各問題が起これ、研究自体の視点からは当初予定された成果を上げるには至っていなかった。これは、①シンガポール側にはフルタイムで本プロジェクトに参加しているカウンターパートがないこと、②プロジェクトリーダーであるA/Prof. Tamとそれ以外のカウンターパートとの意思の疎通が十分でないこと、③さらにはA/Prof. Tamがイニシアチブを取るべき本プロジェクトへの位置付けが低いことなどが原因と考えられる。

このことから、今回のプロジェクトのように技術移転と研究成果の双方を成果とすべき技術協力の場合には、①当該プロジェクトの優先度を高く設定させること、②そのプロジェクトに研究的な興味を強く持つ適切なカウンターパート（特にプロジェクトリーダー）を割り当てる必要があること、プロジェクトの形成段階で相手国及びプロジェクト実施機関に強く要求することが、通常の技術協力の場合以上に重要であると思われる。

しかし本プロジェクトは、当初の目的である技術協力という観点から見ると十分に評価できるものであった。よって今後6カ月の協力方針については研究計画と同様、大幅な変更は必要ないものと思われる。

7 協議結果

7-1 協議経過と内容

シンガポール側プロジェクト関係者との協議に先立ち、長期専門家（池上リーダー、兼城調整員）よりプロジェクトの現状・問題点、1992年度実施計画等につきヒアリングを実施し、今後の対応策につき意見交換を行った。この協議の結果に基づき、シンガポール側プロジェクト関係者との協議・意見交換を実施した。

協議ではまず、シンガポール側プロジェクトチームを総括している、A/Prof. Tam Chat Timよりプロジェクトの概要説明がなされ、プロジェクトの運営全般に関する意見交換を行った。続いて、電気防食技術担当のDr. Tim Sen Kion、中性化試験担当のDr. Wee Tiong Huanの両サブリーダーよりそれぞれの実験の結果、及び進捗状況について説明がなされた。

この協議中に調査団からは懸案のカウンターパートの早期確保の要求が出され、シンガポール側もこの件の重要性を認識していることを確認した。ただしシンガポール側は人員と資金面にて問題点があることを示唆、調査団からは、具体的な支援金額、方法等は実験計画との関係で検討されるべきものとし、まず人員の確保をつよく要請、シンガポール側は最大の努力を約束した。

7-2 ミニッツ

以上の協議内容・結果を総括し、主要協議事項・合意内容についてはミニッツにとりまとめ、署名した。

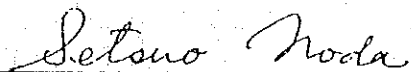
MINUTES OF MEETINGS
BETWEEN
THE JAPANESE MUTUAL CONSULTATION TEAM
AND
THE AUTHORITIES CONCERNED OF
THE REPUBLIC OF SINGAPORE
ON
THE JAPANESE TECHNICAL COOPERATION FOR
THE ASEAN PROJECT ON PREVENTION OF CORROSION IN STRUCTURES

The Japanese Mutual Consultation Team (hereinafter referred to as "the Team") organised by the Japan International Cooperation Agency (JICA) and headed by Dr Setsuo Noda visited the Republic of Singapore from 16 March to 21 March 1992, for the purpose of reviewing the achievements of technical cooperation for the ASEAN Project on Prevention of Corrosion in Structures (hereinafter referred to as "the Project"), as agreed to in "the Record of Discussions signed on 13 August 1987" and "the Minutes of Discussions signed on 31 May 1990" between the Singapore and Japan sides, and discussing the issues involved in the implementation of the Project with the authorities concerned of the Republic of Singapore for the effective implementation and planning of the Project.

The progress of the Project since its extension on 1 October 1990 was reviewed and evaluated with reference to the Progress Report shown in Appendix I. Both sides confirmed that the Project has achieved significant progress as a result of the effort and cooperative spirit of the participating organisations of the Project.

The project plan for 1992 fiscal year activities was also discussed in detail in a series of meetings. The plan is summarised in Appendix II.

In conclusion, both sides reaffirmed that the implementation of the Project will provide significant contributions to science and technology development not only in the Republic of Singapore but also among the ASEAN countries.

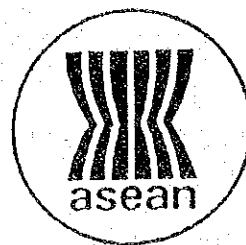
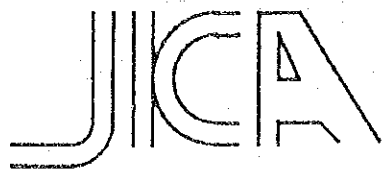


Dr Setsuo Noda
Head of Japanese Delegation
for Mutual Consultation Team
Japan International Cooperation
Agency



Assoc. Prof. Tam Chat Tim
Singapore Coordinator
Japan ASEAN Cooperation Programme
on Materials Science and Technology

20 March, 1992
Singapore



JAPAN -ASEAN COOPERATION PROGRAMME

ON

MATERIALS SCIENCE AND TECHNOLOGY

SINGAPORE PROJECT

PREVENTION OF CORROSION

IN STRUCTURES

PROGRESS REPORT

18 MARCH 1992

TABLE OF CONTENTS

	Page
1. Introduction	1
2. Summary of Events	2
3. Implementing Agency	4
4. Funding	4
5. Project Duration	4
6. Project Teams	4
6.1 Japan Project Team	4
6.2 Singapore Project Team	4
7. Status of the Project	5
7.1 Visits of Japanese experts	5
7.2 Visits of Singapore Counterparts to Japan	5
7.3 Study on Cathodic Protection	6
7.3.1 Cathodic protection system at SPI site	6
7.3.2 Exposure Test	7
7.3.3 Laboratory Test	8
7.4 Study on Carbonation	8
7.5 Counterpart Contribution	9
7.6 Equipment	9
8. Multilateral Activities	9
8.1 Activities under Singapore Project	10
8.2 Participation in Multilateral Activities by Singapore	10
8.3 Scheduled Activities	12
9. Third ASEAN Science and Technology Week	12

- Annex A - Details of the Programme
- Annex B - Results for Cathodic Protection Tests on Site (typical samples only)
- Annex C - Results for Cathodic Protection Tests in Laboratory (typical samples only)
- Annex D - Details of Mixes for Carbonation Tests and Test Conditions
- Annex E - List of Equipment Received From Japan

JAPAN-ASEAN COOPERATION PROGRAMME
ON
MATERIALS SCIENCE AND TECHNOLOGY

SINGAPORE PROJECT - PREVENTION OF CORROSION IN STRUCTURES

Progress Report
18 March 1992

1. INTRODUCTION

As part of the Japan-ASEAN effort to promote technical cooperation in the field of science and technology, an ASEAN-Japan Cooperation Programme on Materials Science and Technology was initiated, whereby a number of projects are being undertaken between the various ASEAN member countries and Japan. The projects focus on different aspects of materials technology.

The Singapore Project is in the area of "Prevention of Corrosion in Structures". In the first phase (August 1987 to September 1990) there were two sub-projects:

- * Corrosion Prevention for Port and Harbour Structures
- * Corrosion Prevention for Drinking Water Storage Tanks

After the first phase was successfully completed, an extended programme in the area of Corrosion Prevention for Port and Harbour Structures was formulated. This second phase will end in September 1992.

The activities of the first phase have been reported in September 1990 as four volumes:

- Volume I : The Executive Summary
- Volume II : The Study of Corrosion and Corrosion Prevention in Drinking Water Storage Tanks
- Volume III: The Study of Corrosion Prevention in Concrete Structures at Port and Harbour
- Volume IV ; Manual/Recommendations for Corrosion Investigation and Repair of Port and Harbour Concrete Structures

The Extended Term of Cooperation to be completed by September 1992 has the following scope of work:

- (1) Study the countermeasures to reduce the chloride penetration and carbonation in concrete, and
- (2) Develop the cathodic protection method for port and harbour concrete structures in Singapore.

Details of the programme are given in ANNEX A.

This report summarises the major events since the start of the extended programme and the current status of the Project as at 18 March 1992.

2. SUMMARY OF EVENTS

Events that have taken place since the start of the extended programme in October 1990 are summarised in chronological order below:

(a) October 1990

The two Long Term Experts, Mr Akio Ikegami and Mr Shigeo Kaneshiro took up their appointments for the Singapore Project.

(b) October/November 1990

Three ASEAN counterparts visited Japan on a training programme consisting of two from Singapore and the third from Malaysia.

(c) January-March 1991

Two ASEAN researchers, one from Brunei Darussalam and the other from Thailand carried out a three-month period of studies as part of the multilateral activities in Singapore under the terms of collaborative research.

(d) January-March 1991

Arrival of equipment from Japan and purchase of others within Singapore under FY 1990.

(e) February/March 1991

A team of four short term experts visited the project in relation to the activities on cathodic protection tests.

(f) May/June 1991

One member of the Singapore counterpart team visited Japan on a training programme for three weeks.

(g) June 1991

A three member team from the Singapore Project together with a Japanese expert from the Port and Harbour Research Institute made a one-week technical visit to Malaysia and Thailand to disseminate the results of Phase I of the project and to exchange experiences with local port authorities.

(h) August 1991

A short term expert visited the project in relation to the activities on carbonation.

(i) September 1991

Fourth Joint Meeting held at Manila, Philippines. The Singapore delegation of three members attended the Meeting.

(j) October 1991

The Singapore delegation of three members participated in the ASEAN-Japan Regional Seminar on Fine Ceramics in Kuala Lumpur, Malaysia.

(k) October 1991

A Working Committee was set up to organise the Materials Science and Technology Conference as part of the Third ASEAN Science and Technology Week (TASTW) hosted by Singapore at which activities of the Japan-ASEAN Cooperation Programme on Materials Science and Technology will be presented.

(l) October/November 1991

A team of three short term experts from Japan visited the project in relation to activities of the cathodic protection tests.

(m) November 1991

A member of the Singapore project team, together with another researcher from Brunei Darussalam visited Japan on a training programme.

(n) December 1991

An Audit Team from Japan visited the project to carry out the audit.

(o) January/March 1992

Two researchers, one from Indonesia and the other from the Philippines began their three month of collaborative research with the Singapore project.

3. IMPLEMENTING AGENCY

National Science and Technology Board, Singapore (formerly, Science Council of Singapore).

4. FUNDING

Government of Japan through Japan International Cooperation Agency (JICA).

5. PROJECT DURATION

Phase I : 3 years - August 1987 to 30 September 1990
Phase II : 2 years - October 1990 to 30 September 1992

6. PROJECT TEAMS

6.1 Japan Project Team comprises members from:

- (a) Building Research Institute (BRI)
Ministry of Construction (MOC)
(Phase I)
- (b) Port and Harbour Research Institute (PHRI)
Ministry of Transport (MOT)
(Phases I and II)
- (c) Other experts from private sector and universities.

6.2 Singapore Project Team comprises members from:

- (a) National Science and Technology Board (NSTB)
(formerly Science Council of Singapore)
(Phases I and II)
- (b) Housing and Development Board (HDB)
(Phase I)
- (c) National University of Singapore (NUS)
(Phases I and II)
- (d) Port of Singapore Authority (PSA)
(Phases I and II)
- (e) Singapore Institute of Standards & Industrial Research
(SISIR) - (Phase I)

In addition to the local counterparts, technical and administrative manpower from the respective organisations are assisting in the activities of the programme.

7. STATUS OF THE PROJECT

This report covers only the project activities of the extended period starting in October 1990. Besides the long term experts, Mr Akio Ikegami and Mr Shigeo Kaneshiro, other short term experts from Japan visit the project at frequent intervals to participate in the activities of the

programme.

7.1 Visits of Japanese Experts

(a) Cathodic Protection

Dr Toshikazu Minematsu - Sumitomo Cement Co Ltd
(28/02/91 - 21/03/91)
Mr Yoshio Shinoda - Nakagawa Corrosion Protecting Co
Ltd
(07/03/91 - 14/03/91)
Dr Tsutomo Fukute - PHRI
(17/03/91 - 21/03/91)
Mr Noritaka Shimizuguchi - Nakagawa Corrosion
Protecting Co Ltd
(25/03/91 - 20/04/91)

(b) Carbonation

Professor Masaki Daimon - Tokyo Institute of
Technology
(05/08/91 - 10/08/91)

(c) Cathodic Protection

Dr Toshikazu Minematsu - Sumitomo Cement Co Ltd
(23/10/91 - 03/11/91)
Mr Yoshio Shinoda - Nakagawa Corrosion Protecting Co
Ltd
(23/10/91 - 03/11/91)
Mr Hidenori Hamada - PHRI
(23/10/91 - 03/11/91)

7.2 Visits of Singapore Counterparts to Japan

- (a) Three researchers, Dr S K Ting of NUS and Mr T L Looi of PSA from the Singapore project team and Dr Mustaza Ahmadun from Malaysia jointly visited organisations with activities on cathodic protection in Japan from 29/10/90 to 17/11/90.
- (b) One counterpart from Singapore project team, Dr T H Wee of NUS visited organisations with activities on carbonation and corrosion in Japan from 13/05/91 to 01/06/91.
- (c) One counterpart from the Singapore project team, Mr Tan Gak Peng and another researcher from Brunei Darussalam, Mr Awangku Menddin PLW Pengiram Hj Yussof jointly visited organisations with activities of corrosion prevention in Japan from 10/11/91 to 30/11/91.

7.3 Study on Cathodic Protection

The study consists of three aspects, the first is the

LIST OF EQUIPMENT (FY 1991)

EQUIPMENT	COST
1. X-ray Diffractometer, Shimadzu XD-D1	S\$167,370.00 (JpYen 13.39 m)
2. Omni Mixer, Chiyoda OM-30A (30 l)	S\$33,500.00 (JpYen 2.68 m)
3. Ion Chromatography, Dionex 2000	S\$37,288.00 (JpYen 2.983 m)
4. Automatic Chloride Permeability Test Equipment RCPT 2.3	S\$51,500.00 (JpYen 4.12 m)
5 High Resolution Sputter Coater with accesories B10-RAD SC 500A	S\$26,343.00 (JpYen 2.107m)
6. Freeze Drier, EDWARDS EDT4 (Tissue Dryer)	S\$21,082.00 (JpYen 1.687m)
7. Twin Shaft Mixer 100l (super double mixer SD100)	S\$32,900.00 (JpYen 2.632m)
8. Electric Muffle Furnace N11/H NABERTHERM (Max 280 degree C)	S\$4,273.00 (JpYen 0.342m)
Total:	S\$374,256.00 (JpYen 29.941m)

cathodic protection system installed at the under-deck of SPI Building of PSA. The second aspect consists of specimens prepared for exposure test also at the under deck of SPI building of PSA and the third with similar specimens subjected to accelerated corrosion testing within the laboratory at NUS for comparison.

7.3.1 Cathodic protection system at SPI site

Cathodic protection system using the impressed current method was installed at the under-deck of SPI Building. Titanium mesh and Titanium ribbon anodes were used. The site test is being carried out on slabs and beams of the under-deck structure. Layout plans and the identification of test zones are as shown in ANNEX B. The test area has been divided into six zones as follows:

Zone	CP System	Area (m2)	Electrode Ref No.	Remarks
1	Mesh	27	11	Beam
			12	Slab
			13	Slab
			14	Beam
			15	Beam
			16	Beam
2	Mesh	11.5	21	Slab
			22	Slab
3	Mesh	3.0	31	Beam
4	Ribbon (1/2 in)	5.0	41	Beam
			42	Beam
			43	Slab
5	Ribbon (1/4 in)	5.0	51	Beam
			52	Beam
			53	Slab
6	No protec- tion		61	Slab
			62	Slab
			63	Slab
			64	Beam

The installation work commenced on 19/02/91 and was completed on 20/03/91. Polarisation test was carried out on 18/03/91 to determine the required current density to be used. Typical sample of results is in ANNEX B.

Depolarisation tests were carried out on 24/04/91 and 10/05/91 to monitor the performance of the impressed current system. Typical sample of test results is shown in ANNEX B.

The protective potential will continue to be monitored during the whole period of the project.

7.3.2 Exposure Test

In conjunction with the site test, a set of specimens were cast for long term exposure test. A platform was constructed beneath the SPI Building within the tidal range to expose the specimens to the marine environment.

The purpose of the exposure test is to evaluate the following experimental factors:

- (a) To study the effectiveness of the cathodic protection system for both impressed current method (ICP) using titanium mesh anode and sacrificial anode method (SAP) using zinc plate.
- (b) The effect on the corrosion state of reinforcing steel.
- (c) The effect of salt content in the concrete - concrete specimens with salt content of 15 kg/m³ were prepared together with others without any salt.
- (d) Specimens cast both in Japan and Singapore are exposed to the marine environment.

A total of 32 specimens were cast. Details of specimens are presented in ANNEX B.

Polarisation test on the four ICP exposure specimens was carried out on 19/03/91. Depolarisation tests were carried out on 24/04/91 and 10/05/91. Typical sample of the results is presented in ANNEX B.

Depolarisation test on the SAP exposure specimens was carried out on 24/05/91. Typical sample of the results is presented in ANNEX B.

The protective potential will continue to be monitored until the middle of 1992 before the specimens are broken open for further investigation.

7.3.3 Laboratory Test

Specimens similar to those for exposure test were made for laboratory test at the Civil Engineering Department of NUS. These specimens will be broken up to determine the extent of corrosion after they have been subjected to accelerated corrosion environment. The experimental factors are:

- (a) Effects of presence of cathodic protection system and different methods of corrosion protection, namely, impressed current method (ICP) using titanium mesh anode and sacrificial anode method (SAP) using zinc plate anodes and no protection at all.
- (b) Effect of salt content in the concrete - concrete

specimens with salt content of 15 kg/m³ were prepared together with others without any salt.

- (c) Effects of test environment, namely, atmospheric (dry) condition, alternate dry and wet, and carbonation environment.

The alternate dry and wet cycle consists of 5 days dry and 2 days wet using sea water. The temperature is maintained at 50°C for both the dry as well as the wet cycle. The carbonation environment consists of keeping the specimens in a carbonation chamber at room temperature with a relative humidity of 65% and carbon dioxide concentration of 7%.

- (d) Effects of protective current density, namely, 100 mV shift or 200 mV shift.
- (e) Effects of using different methods to control current supply, namely, controlling current supply or controlling output voltage of power supply in the impressed current protection method.

The laboratory programme was started on 16 May 1991. Depolarisation tests are carried out weekly. The test results of the latest tests available are shown in ANNEX C. The tests will be continued until the middle of 1992 before the specimens are broken down for further investigations.

7.4 Study on Carbonation

It is important to study factors influencing carbonation and chloride penetration into concrete as these affect corrosion of reinforcement steel. The factors for the study are:

- (a) Effect of water/cement ratio, replacement of cement with mineral admixtures and curing regime on carbonation - Series I.
- (b) Effect of presence of chloride ion in concrete on carbonation - Series II.
- (c) Effect of carbonation on chloride ion penetration into concrete - Series III.

Details of the mixes used and a schedule of testing are presented in ANNEX D.

7.5 Counterpart Contribution

The member organisations of the Singapore Project Team contributed the following:

- (a) Scheduling and preparation of site for exposure tests.

- (b) Local cost for transportation of equipment, exposure test specimens, etc.
- (c) Laboratory facilities for accelerated corrosion tests and other tests such as depth of carbonation and chloride penetration, etc.
- (d) Personnels to conduct both laboratory and site work.
- (e) Consumables and other administrative support.
- (f) Manpower, materials and transportation cost etc from October 1990 to March 1992 totalling Singapore \$180,000.
- (g) Office facilities for long and short term experts.

7.6 Equipment

In addition to equipment in the laboratory at the Department of Civil Engineering, NUS and at PSA, equipment supplied by the Government of Japan under the project are used. The list of equipment received for the extended programme is presented as ANNEX E.

8. MULTILATERAL ACTIVITIES

In addition to multilateral activities conducted in Singapore, researchers from Singapore participated in the corresponding multilateral activities organised by other ASEAN member countries under their projects which form part of the Japan-Asean Cooperation Programme on Materials Science and Technology. Those events that took place since October 1990 are summarised below.

8.1 Activities under Singapore Project

- (a) Collaborative Research, FY 1990
January to March 1991

The 3-month programme was undertaken by two ASEAN researchers. Mr Hamiddon Hj Md Said from Brunei Darussalam took on the project in the area of carbonation of concrete. Mr Wutthipong Moungoi from Thailand carried out a study on the effectiveness of a different accelerated corrosion testing regime.

- (b) Technical Visit to Malaysia and Thailand
16-22 June 1991

Three members of the Singapore project carried out a technical visit to Malaysia and Thailand. They were joined by Dr T Fukute from PHRI Japan. In each of the country visited, they conducted a Seminar to disseminate the results of the project on Corrosion

Prevention of Port and Harbour Concrete Structures. In addition, they visited a major port in each country and carried out discussion with the port authorities on matters related to design, maintenance and repair of port and harbour structures.

- (c) Collaborative Research, FY 1991
January to March 1992

The 3-month programme was undertaken by two ASEAN researchers. Ms Rochati Dahlan from Indonesia took on the project entitled "Study on Pore Structure of Carbonated Cementitious Materials" and Mr Jose Luis S Gamboa from the Philippines the project entitled "Corrosion Tests on Samples from Exposure and Accelerated Environment Tests".

8.2 Participation in Multilateral Activities by Singapore

With the tight employment situation in the country, it has not always been possible to nominate participants for the multilateral activities organised in the other ASEAN member countries, particularly in the collaborative research programmes. The following are those in which Singapore researchers were privileged to have participated.

- (a) ASEAN Regional Training on Corrosion
16 October to 12 November 1990, Thailand

Mr S H Loh

- (b) Seminar on Corrosion
17-19 October 1990, Thailand

Dr S Jana, Dr K H Seah and Dr C T Tam

Papers presented:

"Investigation on Anti-Corrosive Paint Coatings Using Salt Evaluation Techniques"
"The Use of Acoustic Emission in Monitoring Corrosion"

- (c) ASEAN Regional Training on Characterisation of Fine Ceramics, 18 November to 15 December 1990, Malaysia

Mr S K Kong

- (d) Seminar/Workshop on Atmospheric Corrosion
4-7 March 1991, Philippines

Dr S Jana

Paper presented:

"Exfoliation Susceptibility of Several Aluminium Alloy"

- (e) Symposium on Polymers
6-10 March 1991, Indonesia

Dr S. O Chan, Assoc Prof L M Gan and Assoc Prof S H Goh

Papers presented:

"Country Report on Polymer Science and Technology in Singapore"

"Microlatices from Microemulsion Polymerisation"

"Effect of Structural Modification on the Miscibility Behaviour of Polymethacrylates"

- (f) ASEAN Regional Training on Characterisation of Fine Ceramics, 13 May to 11 June 1991, Malaysia

Ms C Q Lee

- (g) Fourth Joint Meeting

The Fourth Joint Meeting of ASEAN-Japan Cooperation Programme on Materials Science and Technology took place in Manila, Philippines from 3 - 5 September 1992. The Singapore Delegation consisted of Dr Tam Chat Tim, Mr Akio Ikegami and Mr Ng Geok Kwee. The Meeting adopted the preliminary planning paper on the conduct of a Final Regional Seminar as part of the Third ASEAN Science and Technology Week to be held in Singapore from 21-23 September 1992.

- (i) ASEAN-Japan Regional Seminar on Fine Ceramics
1 - 3 October 1991, Kuala Lumpur, Malaysia

Dr Tam Chat Tim, Dr Khor Khiam Aik and Dr Chuah Gaik Khuan

Papers presented:

"ZrO₂-fibres and SiC-whiskers Reinforced Ceramics as Substrates for Microelectronics Applications"

"Ultrafine ZrO₂ Powders Prepared by Ultrasonic Atomization of Various Zr Salt Solutions"

"Influence of the Preparation Method on the Properties of Ceramic Powders for Catalysis"

8.3 Scheduled Activities

- (a) Training in Indonesia Project
30 May to 28 June 1992
- (b) Collaborative Research in Ceramics
May to August 1992 in Malaysia
- (c) Seminar on Atmospheric Corrosion
1 to 6 June 1992, Philippines
- (d) Training in Brunei Darussalam Project
22 June to 4 July 1992.

- (e) Seminar on Polyymer
29 June to 1 July, Indonesia
- (f) Seminar/workshop on Atmospheric Corrosion
30 June to 2 July 1992, Thailand
- (g) Seminar/Workshop on Corrosion in Reinforced Concrete
3 to 5 August 1992, Brunei Darussalam

9. THIRD ASEAN SCIENCE AND TECHNOLOGY WEEK

A Working Committee consisting of members of the Singapore Project Team and the two Japanese Long Term Experts, Mr Akio Ikegami and Mr Shegio Kaneshiro has been formed to organise the Materials Science and Technology Conference and to coordinate the participation of the Japan-ASEAN Cooperation Programme on Materials Science and Technology project teams as part of the Third ASEAN Science and Technology Week.

In addition to the two plenary sessions, one of Monday, 21 September and the other on Tuesday, 22 September, another ten technical sessions are planned for the three-day Conference.

Eight speakers will be invited from Japan to deliver special papers at the Conference. In addition, over fifteen abstracts of papers have been received and approved for preparing the final manuscripts.

ANNEX A

APPCS PROJECT SCHEDULE

ANNEX I

Prepared : 06/03/92

Fiscal Year	1990			1991									1992									
Calendar Year	1990			1991									1992									
Month	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9
CATHODIC PROTECTION TEST																						
Preparation Work	-----																					
a) Site Test																						
Installation	-----																					
Measurement	-----																					
b) Laboratory/Exposure Test																						
Installation	-----																					
Measurement	-----																					
Destructive Test	-----																					
c) Analysis and Summary of Report	-----																					
<u>(SIEs from Japan)</u>																						
Installation and Current Adjustment	-----																					
Check and Test	-----																					
Final Evaluation	-----																					
CARBONATION TEST																						
Arrival of Materials	-----																					
Preparation of Specimens	-----																					
Carbonation Test	-----																					
Index Test	-----																					
Chemical/Microstructural Analysis	-----																					
Analysis of Results	-----																					
Summary of Report	-----																					
<u>(SIEs from Japan)</u>																						
Preparation	-----																					
Check and Test	-----																					
Final Evaluation	-----																					
Other Activities																						
Collaborative Research	-----																					
Interim Evaluation (JICA)	-----																					
Final Evaluation (JICA)	-----																					
Seminar/Workshop	-----																					
<u>Training in Japan</u>																						
(Carbonation Test 1 x 3W)	-----																					
(C.P Test 2 x 3W)	-----																					
(Multi (2x5:2W)	-----																					
Technology Exchange	-----																					
Exposure Test (Phase I)																						
Series I	-----																					
Series II & III	-----																					

06H25/ike

ANNEX B

ASEAN PROJECT ON PREVENTION OF CORROSION IN STRUCTURES
PROGRESS REPORT ON CATHODIC PROTECTION SYSTEM (MAR 1992)

Introduction

An extension to the Singapore project commenced in October 90 for a period of 2 years. Under this extension the following 2 areas will be investigated :-

- (I) Develop the cathodic protection method for port and harbour concrete structures in Singapore.
- (II) Study countermeasures to reduce the chloride penetration and carbonation in concrete.

I) Cathodic Protection System

(a) Cathodic Protection System At SPI Site

Cathodic Protection System using the impressed current method was installed at the under-deck of SPI Building. The titanium mesh and the titanium ribbon anodes were used. The site test is being carried out on slabs and beams of the underdeck structure. (Layout plans are attached in Figs 1 & 2).

The test area has been divided into five zones, namely :

Zone	CP System	Area	Electrode Ref. No	Remarks
Zone 1	Mesh	27m ²	11	Beam
			12	Slab
			13	Slab
			14	Beam
			15	Beam
			16	Beam
Zone 2	Mesh	11.5m ²	21	Slab
			22	Slab
Zone 3	Mesh	3.0m ²	31	Beam
Zone 4	Ribbon ($\frac{1}{2}$ ")	5.0m ²	41	Beam
			42	Beam
			43	Slab
Zone 5	Ribbon ($\frac{1}{4}$ ")	5.0m ²	51	Beam
			52	Beam
			53	Slab
Zone 6	No Protection		61	Slab
			62	Slab
			63	Slab
			64	Beam
		51.5m ²	19 nos Ref. Electrode	

The installation work commenced on 19 Feb 91 and was completed on 20 Mar 91. Polarisation test was carried out on 18 Mar 91 to determine the required current density to be used. The results are shown in Appendix A.

Depolarisation tests were carried out periodically on 24 Apr 91, 10 May 91, 30 Jul 91, 29 Aug 91, 4 Dec 91 and 22 Jan 92. Their results are shown in Appendix B.

On 23 Oct 91 to 3 Nov 91, the following short term experts from Japan were back in Singapore to evaluate the Cathodic Protection System. They are :-

- (i) Dr Toshikazu Minematsu (Sumitomo Cement)
- (ii) Mr Yoshio Shinoda (Nakabohtec)
- (iii) Mr Hidenori Hamada (Port & Harbour Research
Institute, Ministry of
Transport)

During the short term expert visit, direct measurement of the IR drop were taken using the multi-meter and their results are shown in Appendix C. Depolarisation tests were also carried out on 26 Oct 91 and 31 Oct 91. These test data were brought back to Japan for their evaluation.

We are expecting the evaluation report from the short term expert to be sent to Singapore soon.

The short term expert will be back in Singapore in Apr/May 92 and will assist in putting up the final report.

(b) Exposure Test

In conjunction with the site test, a set of specimens were cast for long term exposure test. A platform was constructed beneath the SPI Building within the tidal range to expose the specimens to the marine environment.

The purpose of the exposure test is to evaluate the following experimental factors :-

- (a) To study the effectiveness of the Cathodic Protection System for both impressed current method (ICP) using titanium mesh anode and sacrificed anode method (SAP) using zinc plate.
- (b) The effect on the corrosion state of reinforcing steel.

- (c) The effect of salt content in the concrete. Concrete specimen with salt content of 15kg/m^3 were prepared.
- (d) Both specimens cast in Japan and Singapore are exposed to the same marine environment.

A total of 32 specimens were cast. Details of specimens are presented in Table No 1 and Fig 3.

Polarisation test on 4 ICP exposure specimens and 8 SAP specimens were carried out on 19 Mar 91. Depolarisation tests were carried out on 24 Apr 91, 10 May 91, 30 Jul 91, 29 Aug 91, 4 Dec 91 and 22 Jan 92.

The results are presented in Appendix D.

During the visit by the short term expert from 23 Oct 91 to 3 Nov 91, the following specimens were sent to NUS for laboratory tests. The specimens were :-

- (i) SE4 - ICP
- (ii) SE6 - ICP
- (iii) SE12 - SAP
- (iv) SE14 - SAP
- (v) SE18 - No Protection
- (vi) JE3 - SAP
- (v) JE6 - SAP
- (vi) JE9 - No Protection.

Their test results are presented in Appendix E.

We are also awaiting for the evaluation report from the short term expert on the performance of the exposure specimens.

The short term expert will be back in Singapore in Apr/May 92 and will assist in putting up the final report.

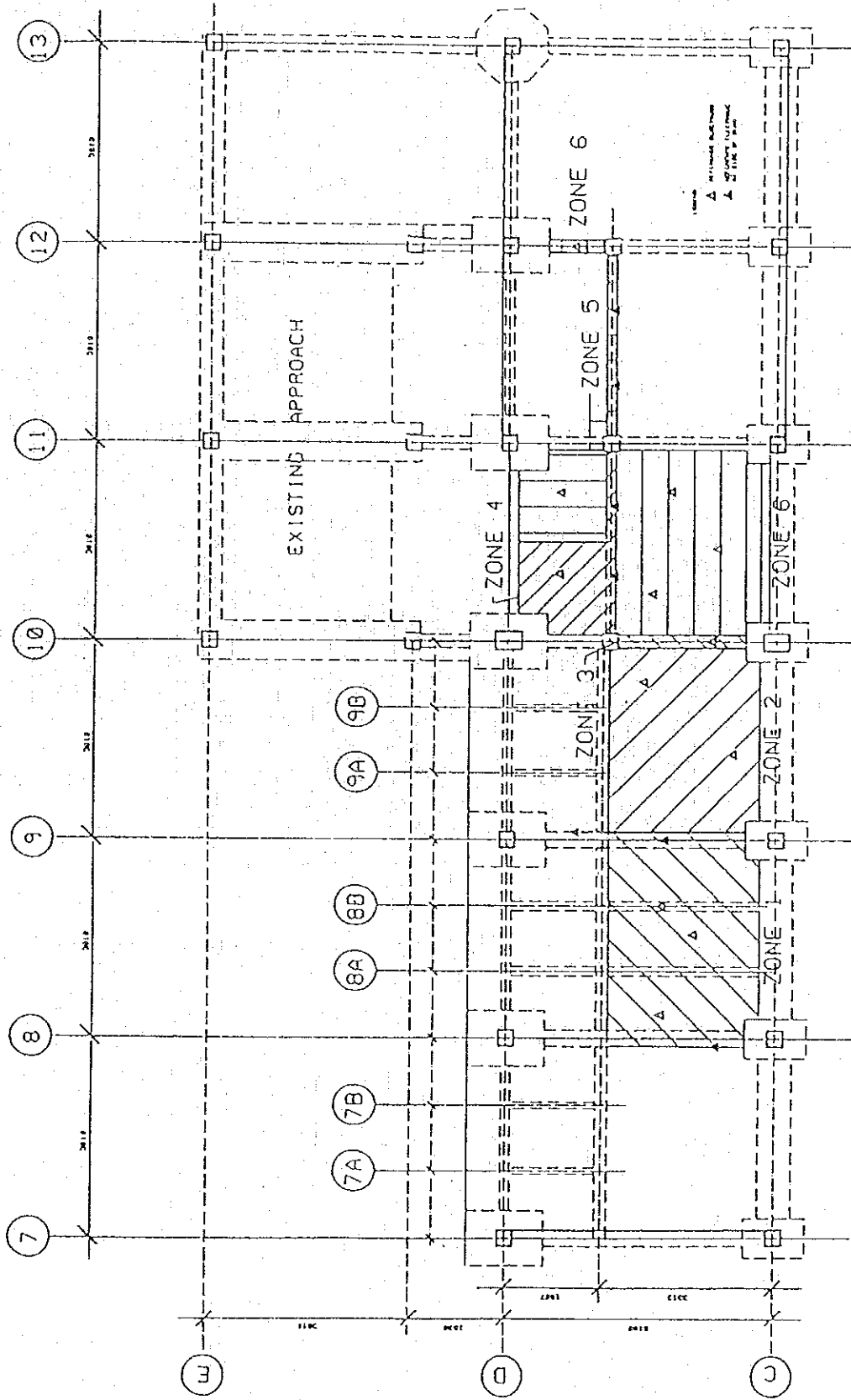
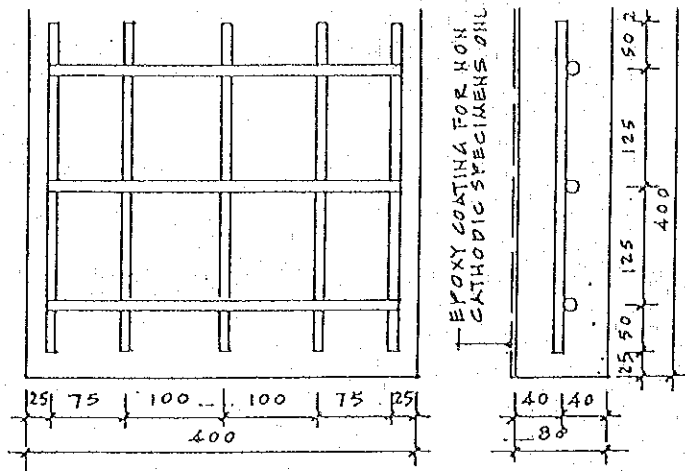
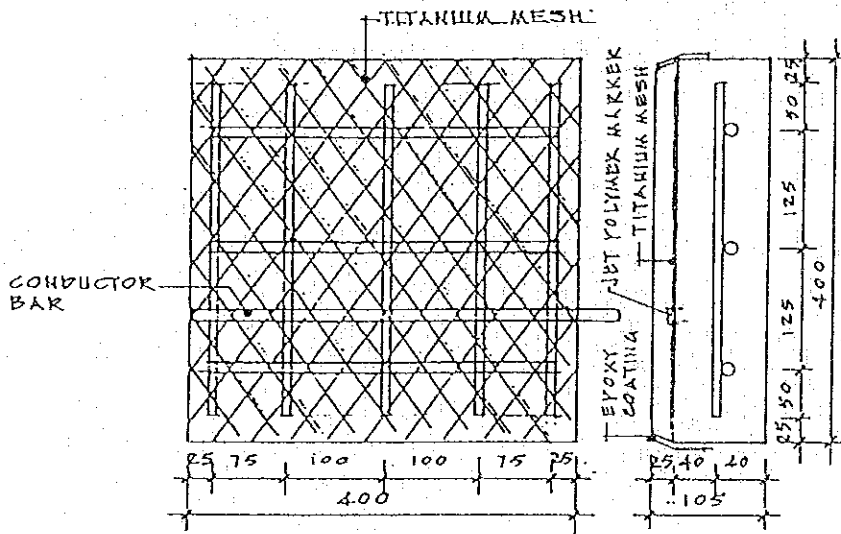


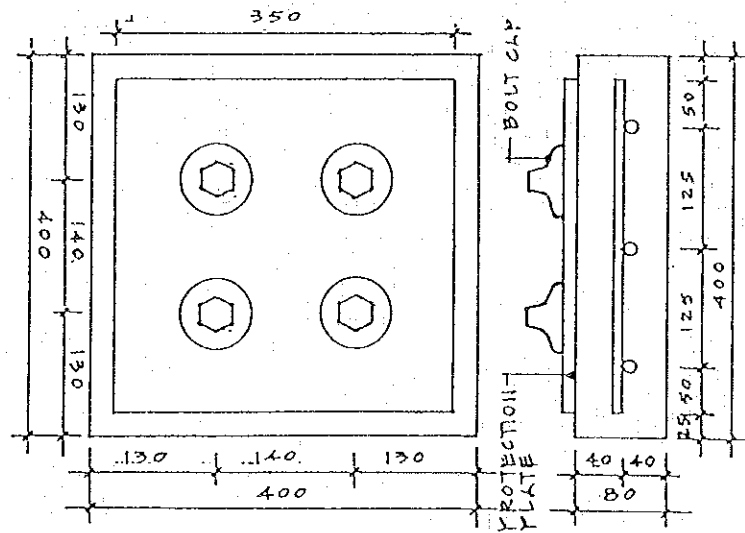
Fig. 2



(NON CATHODIC PROTECTION SPECIMENS)



(IMPRESSED CURRENT SYSTEM — TITANIUM MESH)



(SACRIFICIAL ANODIC METHOD — ZINC PLATE)

Fig. 3

Japan Asean Cooperation On Material Science and Technology
 Cathodic Protection System
 Exposure Test at Under-deck of SPI Building
 Specimen Size : 400 x 400 x 80mm

No	Specimen No	CP System	Corrosion	Cl(kg/m ²)	Electrode	Remarks
	SE-1 *	I.C.P	Yes	0	Yes	Singapore
	SE-2 *	"	Yes	0	No	"
	SE-3 *	"	Yes	15	Yes	Singapore
	SE-4 *	"	Yes	15	No	"
	SE-5	"	No	0	Yes	Singapore
	SE-6	"	No	0	No	"
	SE-7	"	No	15	Yes	Singapore
	SE-8	"	No	15	No	"
	SE-9	S.A.P	Yes	0	Yes	Singapore
0	SE-10	"	Yes	0	No	"
	SE-11	"	Yes	15	Yes	Singapore
2	SE-12	"	Yes	15	No	"
13	SE-13	"	No	0	Yes	"
14	SE-14	"	No	0	No	"
15	SE-15	"	No	15	Yes	"
6	SE-16	"	No	15	No	"
17	SE-17 *	No	Yes	0	Yes	"
18	SE-18 *	"	Yes	15	Yes	"
19	SE-19	"	No	0	Yes	"
20	SE-20	"	No	15	Yes	"
21	JE-1	S.A.P	No	0	Yes	Japan
22	JE-2	"	Yes	0	Yes	"
23	JE-3	"	No	0	No	"
24	JE-4	"	Yes	0	No	"
25	JE-5	"	No	15	Yes	"
26	JE-6	"	Yes	15	Yes	"

TABLE 1
(pg 2)

Japan Asean Cooperation On Material Science and Technology
Cathodic Protection System
Exposure Test at Under-deck of SPI Building
Specimen Size : 400 x 400 x 80mm

S/No	Specimen No	CP System	Corrosion	Cl(kg/m ²)	Electrode	Remarks
27	JE-7	S.A.P	No	15	No	Japan
28	JE-8	"	Yes	15	No	"
29	JE-9	No	No	0	Yes	"
30	JE-10 *	"	Yes	0	Yes	"
31	JE-11	"	No	15	Yes	"
32	JE-12 *	"	Yes	15	Yes	"

Note :-

* Hairline-crack introduced to specimen

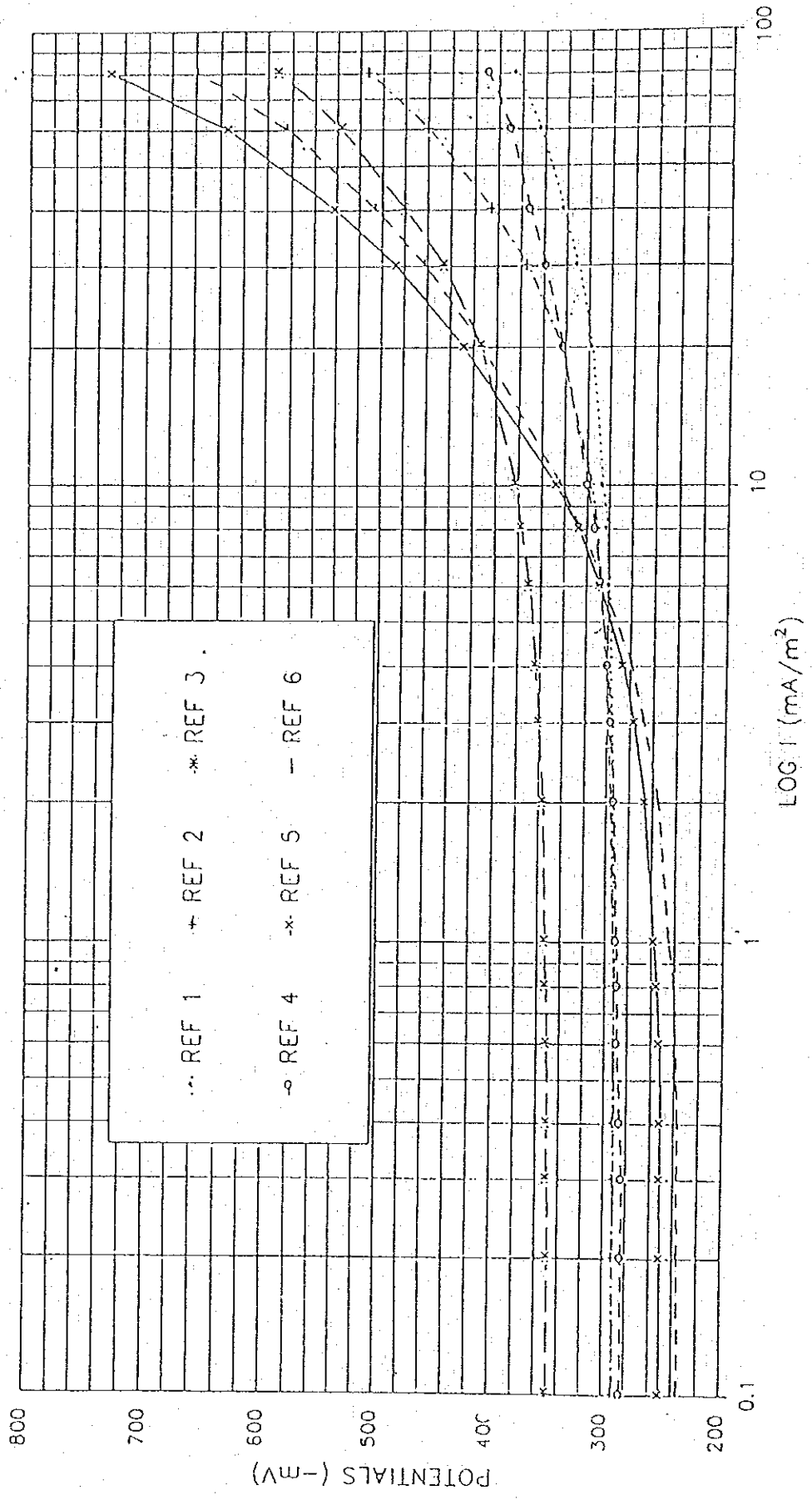
ICP Impressed Current System

SAP Sacrificial Anode System

4/07/91
d426/cathodic

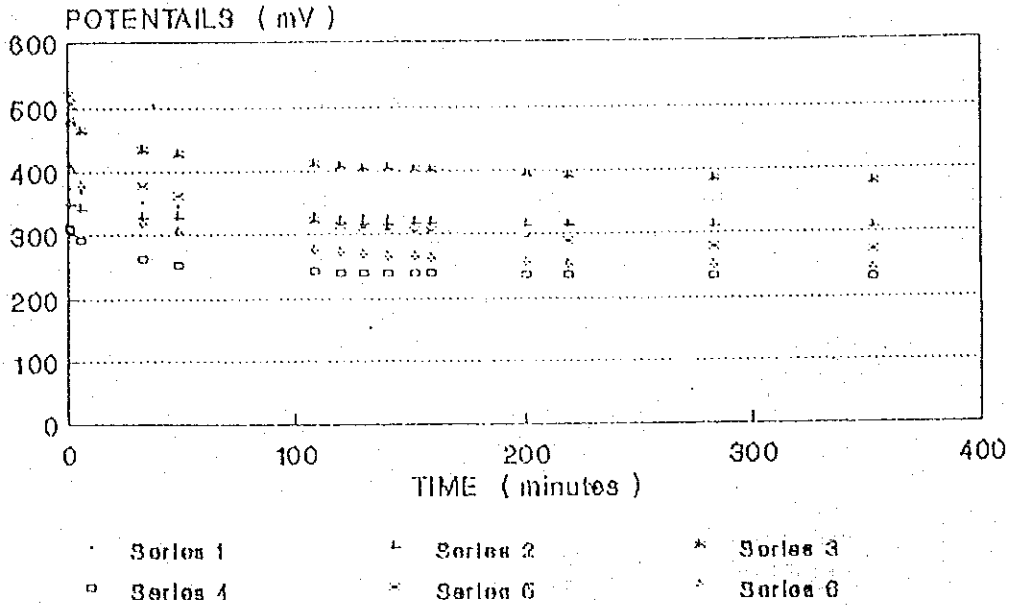
APPENDIX A
(Typical samples only)

CATHODIC PROTECTION SYSTEM AT SPI BLDG
 POLARISATION TEST
 ZONE 1



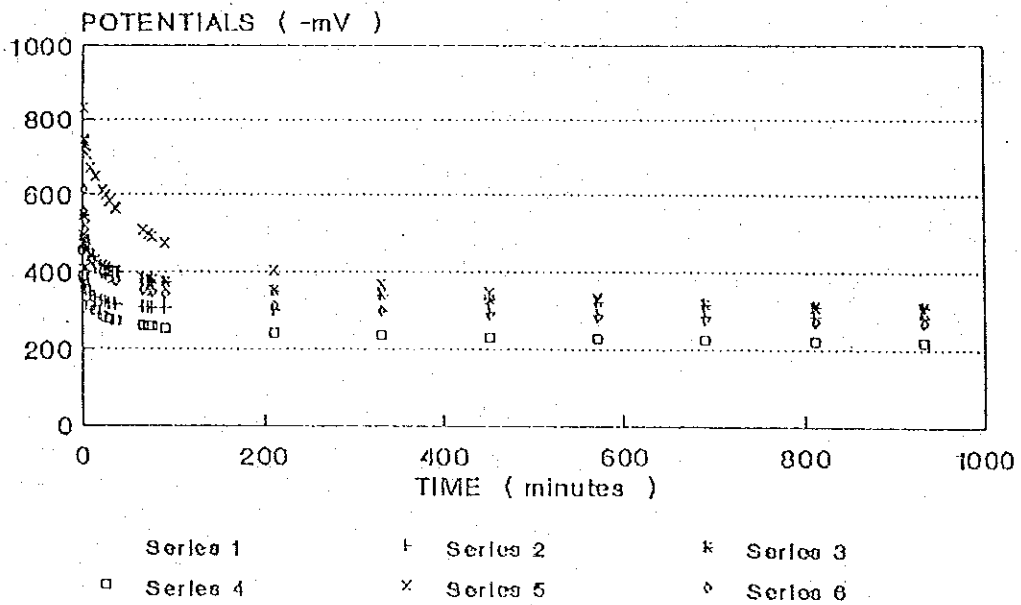
APPENDIX B
(Typical samples only)

CATHODIC PROTECTION SYSTEM @ SPI BLDG DEPOLARISATION TEST



ZONE 1
(24 Apr 91)

CATHODIC PROTECTION SYSTEM @ SPI BLDG DEPOLARISATION TEST ON 22 JAN 92



ZONE ONE

APPENDIX C
(Typical samples only)

JAPAN - ASEAN PROJECT ON CORROSION PREVENTION IN PORT AND HARBOUR STRUCTURES
 CATHODIC PROTECTION SYSTEM AT SINGAPORE PORT INSTITUTE
 DEPOLARISATION TEST RESULTS ** RECORDER NO : 1

CHANNEL	26/10/91 BEFORE (46 HRS)	OROP IN (-mV)	31/10/91 AFTER (REFUSED) (1227HIM)	OROP IN (-mV)
11	415	278	137	268
12	407	275	132	401
13	523	268	299	566
14	412	189	223	443
15	793	274	584	835
16	563	223	340	607
17	639	223	416	627
18	574	299	275	564
19	698	241	457	699
20	417	276	119	425
21	402	183	249	455
22	404	168	224	403
23	450	215	235	447
24	363	172	188	357
25	425	185	161	423
26	349	220	16	291
27	296	296	0	297
28	289	274	15	289
29	302	255	47	309

JAPAN - ASEAN PROJECT ON CORROSION PREVENTION IN PORT AND HARBOUR STRUCTURES
 CATHODIC PROTECTION SYSTEM AT SINGAPORE PORT INSTITUTE
 DEPOLARISATION TEST RESULTS ** RECORDER NO : 2

CHANNEL	26/10/91 BEFORE (46 HRS)	OROP IN (-mV)	31/10/91 AFTER (REFUSED) (1226HIM)	OROP IN (-mV)
1	703	360	328	1195
2	740	709	31	291
3	653	362	301	1121
4	776	451	323	1212
5	1091	843	248	1034
6	800	737	3	1070
7	824	655	179	824
8	842	572	270	809
9	266	703	263	821
10	411	436	-25	423
11	763	169	595	766
12	879	508	-21	90
13	261	337	-75	343
14	317	304	13	31
15	252	339	+2	160
16	357	367	-2	353
17	546	541	-15	52
18	241	228	3	225
19	476	565	-89	561
20	340	362	3	352

Desalination Test Recorder 2
Exposure Test

Channel No	Spec. No	Econ (-V)	Eff (-V)	Ir Drop	Remarks
1	SE 1	0.8428	0.7548	-0.068	4 Dec 91 Wednesday
2	SE 3	0.8593	1.0056	0.1163	
3	SE 5	0.7649	(1.0056)	(0.1176)	
4	SE 7	0.7725	0.4950	-0.2899	
5	SE 9	1.0528	0.6525	-0.0900	
6	SE 10	1.0532	0.5197	-0.1761	
7	SE 13	0.6579	1.0374	-0.3203	
8	SE 15	0.3762	0.6570	-0.0009	
9	JE 1	0.9028	0.8750	-0.0232	
10	JE 2	0.9309	0.9022	-0.0286	
11	JE 5	0.4506	(0.8750)	(-0.0513)	
12	JE 6	0.5054	*0.3754	-0.4536	

* From Recorder Readings
* IR Drop measured using Multimeter

File Name : CPS0F284

Desalination Test Recorder 1
(Site Test/Installation)

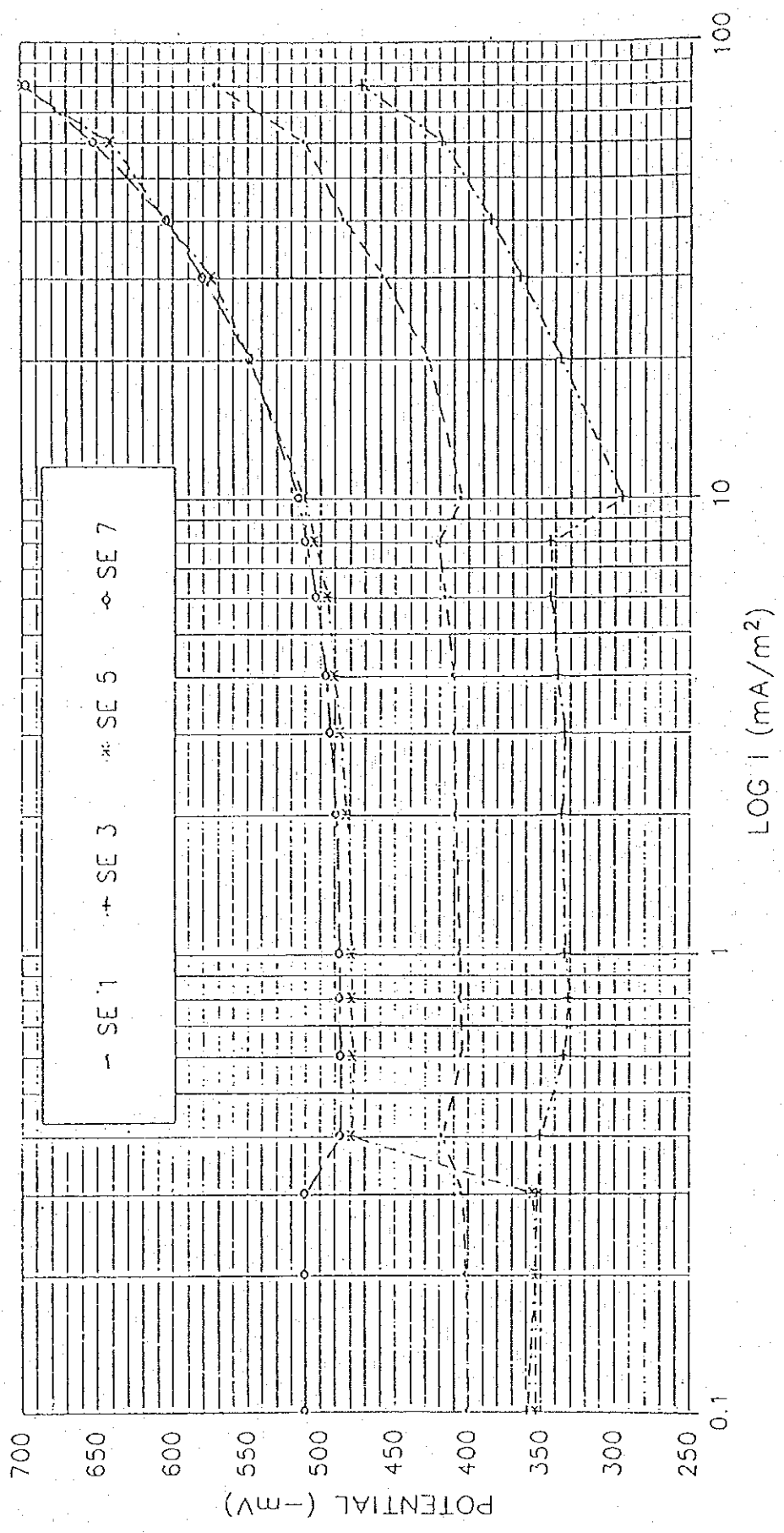
Channel No	Econ (-V)	Eff (-V)	Ir Drop	Remarks
11	0.4143	0.4100	-0.0043	4 Dec 91 Wednesday
12	0.4015	0.3976	-0.0039	
13	0.5259	0.4995	-0.0264	
14	0.4089	0.3690	-0.0399	
15	0.5072	0.7556	-0.0516	
16	0.5684	0.5321	-0.0363	
17	0.6288	0.6255	0.0033	
18	0.6352	(0.6111)	(-0.0141)	
19	0.5760	0.5512	-0.0248	
20	0.6998	0.6673	-0.0317	
21	0.4200	0.4184	-0.0016	
22	0.4287	0.4173	-0.0114	
23	0.4063	0.3927	-0.0136	
24	0.4437	0.4454	-0.0017	
25	0.3571	0.3498	-0.0073	
26	0.4157	0.3850	-0.0307	

* From Recorder Reading
* IR Drop measured using Multimeter

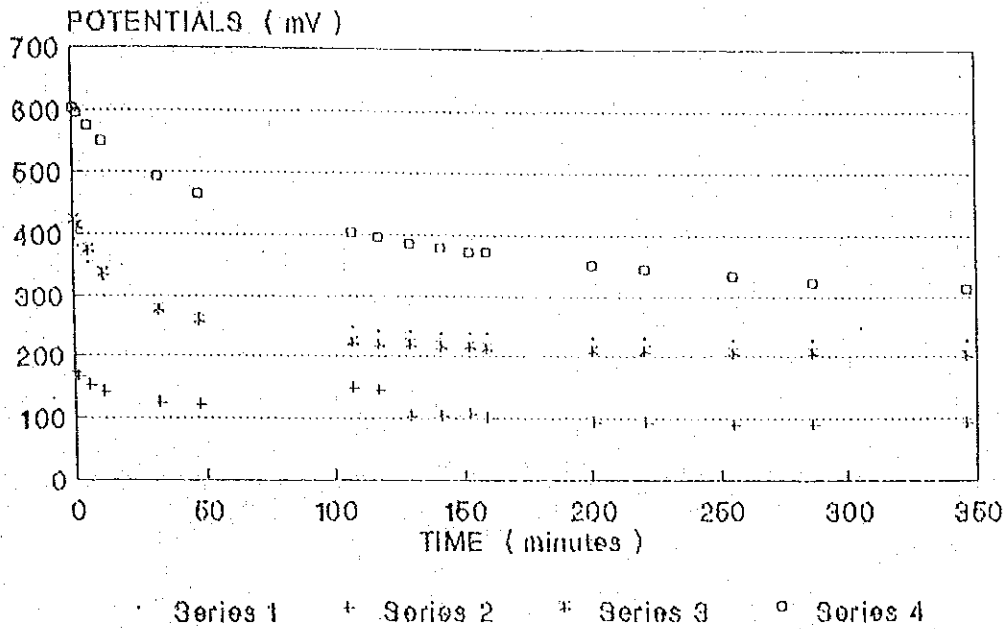
File Name : CPS0F285

APPENDIX D
(Typical samples only)

CATHODIC PROTECTION SYSTEM IN SPI BLDG
 POLARISATION TEST
 EXPOSURE SPECIMEN

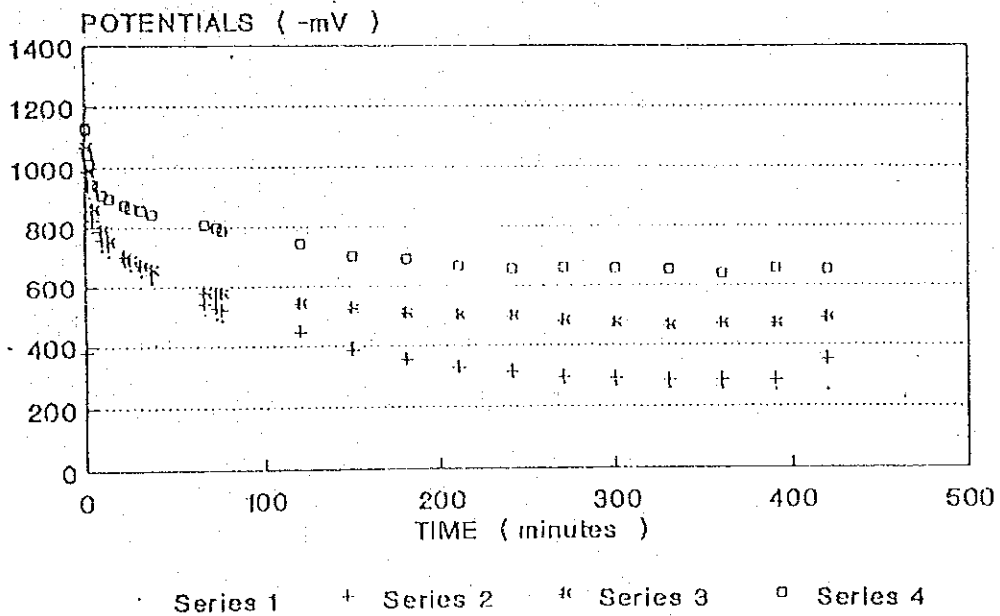


CATHODIC PROTECTION SYSTEM @ SPI BLDG DEPOLARISATION TEST



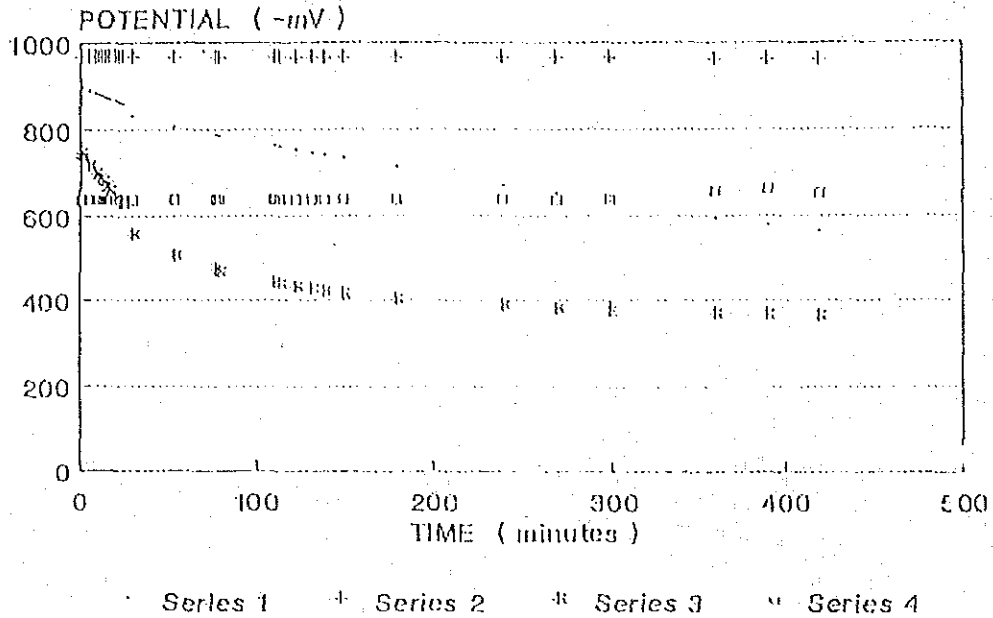
EXPOSURE TEST
(24 Apr 91)

CATHODIC PROTECTION SYSTEM @ SPI BLDG DEPOLARISATION TEST ON 22 JAN 92



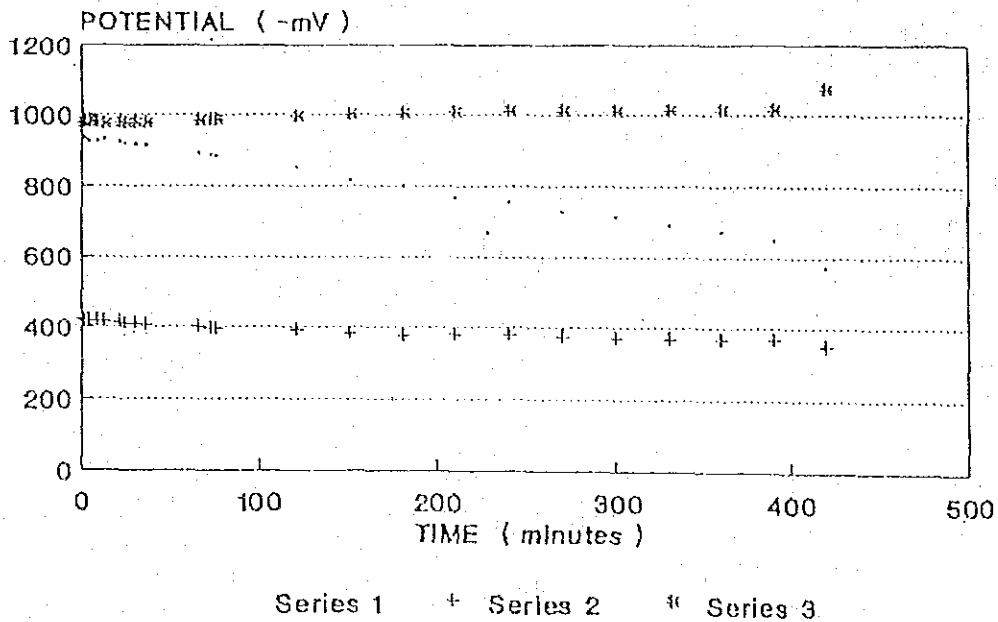
EXPOSURE SPECIMEN

CATHODIC PROTECTION SYSTEM SACRIFICIAL ANODE - EXPOSURE TEST



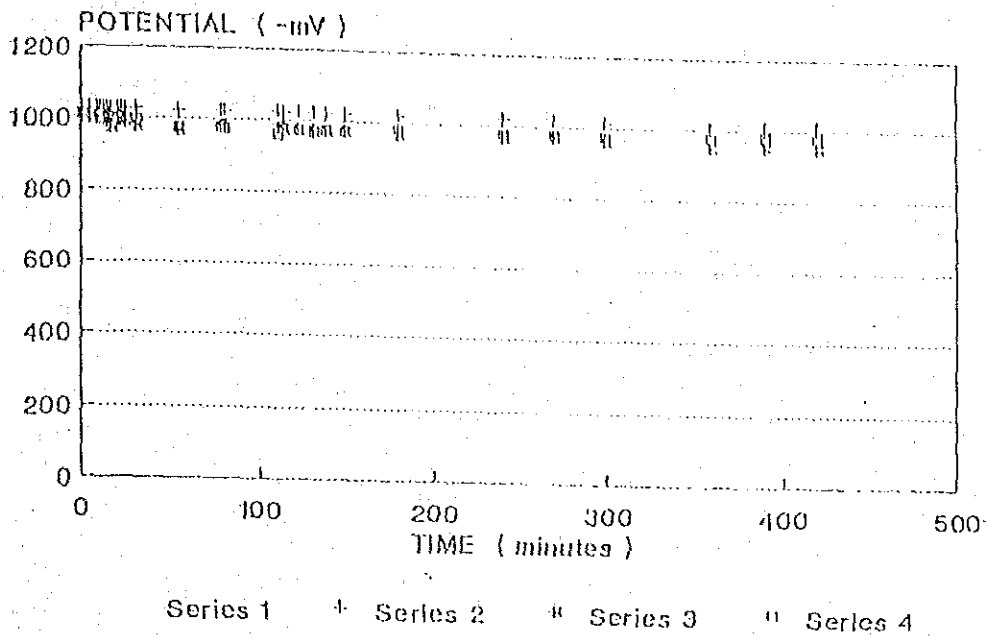
JAPAN SPECIMEN
(24 Apr 91)

CATHODIC PROTECTION SYSTEM SACRIFICIAL ANODE - EXPOSURE TEST



JAPAN SPECIMEN (22 JAN 92)

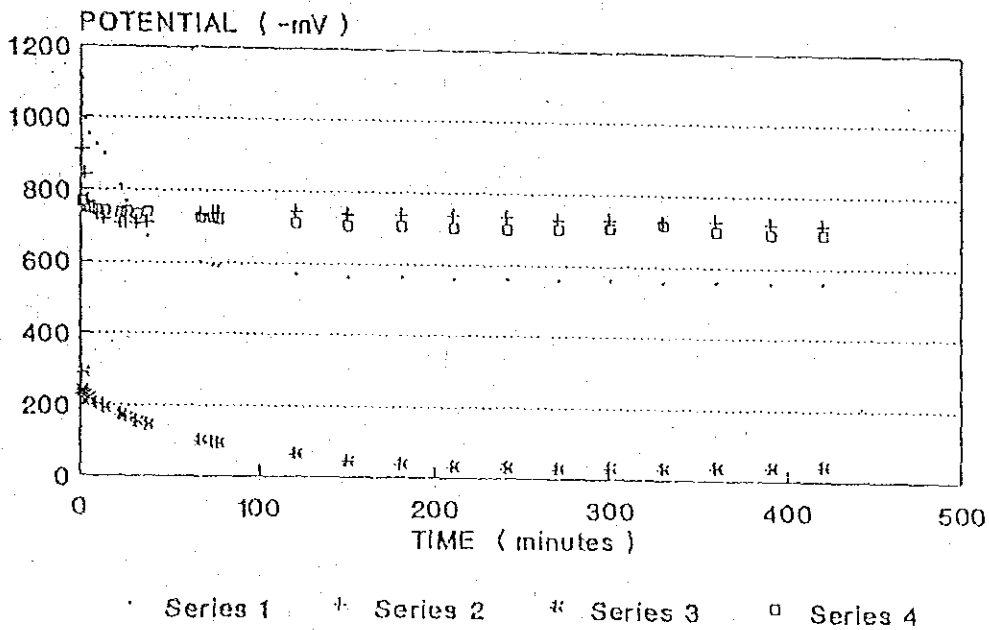
CATHODIC PROTECTION SYSTEM SACRIFICIAL ANODE - EXPOSURE TEST



SINGAPORE SPECIMEN

(24 Apr 91)

CATHODIC PROTECTION SYSTEM SACRIFICIAL ANODE - EXPOSURE TEST



SINGAPORE SPECIMEN (22 JAN 92)

APPENDIX E
(Typical samples only)

(See ANNEX C)

ANNEX C

Asean-Japan Cooperation on Materials Science and Technology
- Cathodic Protection Systems for Reinforced Concrete.

By Dr Ting Seng Klong

The Civil Engineering department is one of the counterpart organizations in Singapore for the Asean-Japan Project on Cathodic Protection Systems for Reinforced Concrete. The Port of Singapore Authority is the other organization. The project first started as a three year programme on Prevention of Corrosion in Structures in October 1987 with the exchange of experts, training in Japan and supply of equipment by the Government of Japan through the Japan International Cooperation Agency. There were provisions for trainees and collaborative researchers from other Asean member countries to participate in the research activities carried out in Singapore. The problem of corrosion prevention had been approached from three directions, namely, laboratory investigation, field exposure tests and inspection and assessment of corrosion in existing wharf structures. For continued cooperative research activities, the project has been extended for an additional period of two years until September 1992.

The scope of the two year continuation programme includes the development of the cathodic protection method for concrete port and harbour structures in Singapore and the investigation into countermeasures to reduce the chloride penetration and carbonation in concrete.

With the recent developments in the field of concrete technology and concrete durability, cathodic protection system has been found to be an effective way to protect concrete against corrosion damage. In Japan, the cathodic protection system has been tried out recently and found to be effective for protecting Port and Harbour structures. Under this project the effectiveness of the cathodic protection system for corrosion prevention in the local tropical environment will be investigated.

Two methods of cathodic protection systems will be experimented. The active system is the impressed current method and the passive system is the sacrificial anode system. The effectiveness of the cathodic protection systems would be evaluated through three approaches. They are (i) site test, (ii) exposure test and (iii) laboratory tests. Only the impressed current method will be tested on site.

Site Test

The site identified for the project was the underdeck of the Singapore Port Institute. Two slabs and five beams were chosen for the monitoring work. In this project the impressed current method using the Elgard system made of platinized titanium mesh anodes was installed on site and monitored. Titanium ribbon for the grooved system was used for some portion of the slabs and some of the beams.

Exposure Test

While the site test was being carried out, a set of 32 specimens was made and installed at the underdeck of the Singapore Port Institute building.

Laboratory Test

In parallel with the site exposure test, a similar set of 44 specimens was subjected to accelerated corrosion testing in the laboratory. These tests will be carried out in the Department of Civil Engineering, National University of Singapore.

For the laboratory tests, the experimental factors considered are as follows:

- (1) Effects of presence of cathodic protection system and different methods of corrosion protection, namely, Impressed Current (ICP) method with titanium mesh, Sacrificial Anode (SAP) method using zinc plate anodes and no protection at all.
- (2) Effects of salt content of the concrete, namely, 0 kg/m^3 and 15 kg/m^3 of salt.
- (3) Effects of environment, namely, atmospheric (dry) condition, alternating dry and wet condition and carbonation environment. The alternating dry and wet condition consists of 5 days dry and 2 days wet using sea water. The temperature is maintained at 50°C for both the dry as well as the wet cycle. The carbonation environment consists of keeping the specimens in a carbonation chamber at room temperature with a relative humidity of 65% and carbon dioxide concentration of 5%.
- (4) Effects of protective current density, namely, 100 mV shift or 200 mV shift.
- (5) Effects of using different methods to control the current supplied for the impressed current protection method.

For each condition tested, 2 specimens were used with one of them having an embedded electrode. This means that 44 specimens were tested and 22 electrodes were embedded. The test conditions and the specimens are summarized in Table 1.

The specimens are continuously monitored. The voltages are continuously recorded for those specimens with embedded electrodes. For the impressed current specimens, the current is continuously measured for those specimens with fixed voltage and the voltage is continuously measured for those with fixed current. The laboratory tests started on the 16 May 1991. Depolarization tests are carried out weekly.

When the short term experts came on 23 October 1991 to 3 November 1991, they decided to break up 8 site exposure specimens and 24 laboratory specimens to tests for chloride penetration, extent of corrosion and carbonation. The results are presented in Table 2.

Table 1: Experiment Factors In Laboratory Tests

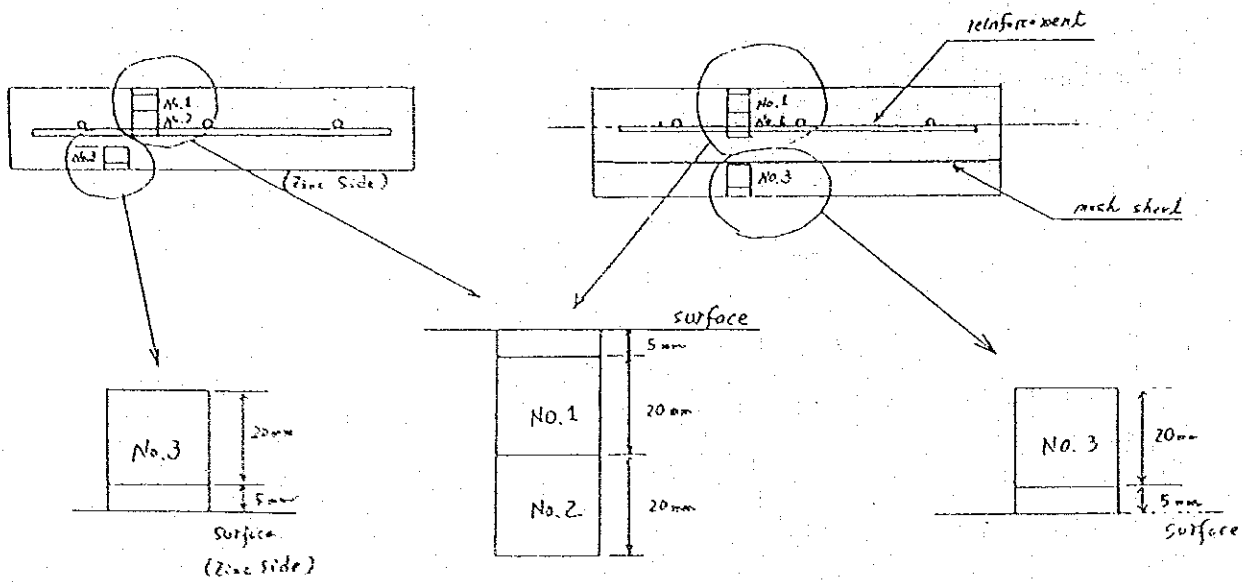
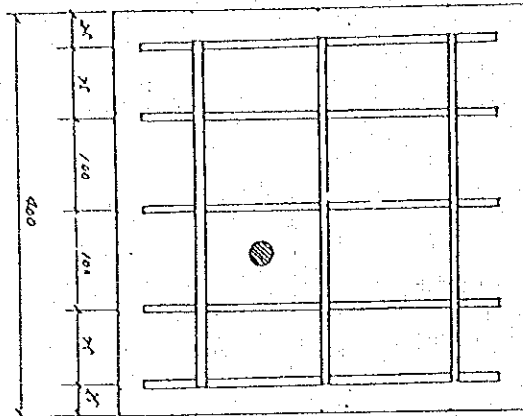
Cathodic Protection Method			Impressed			SAP			No Protection		
Environmental			Dry	Dry and Wet	CO ₂	Dry	Dry and Wet	CO ₂	Dry	Dry and Wet	CO ₂
Method of Control	Voltage Shift	Salt (Kg/m ³)									
Current	200 mV	0	2	2	2	2	2	2	2	2	2
	200 mV	15	2	2	2	2	2	2	2	2	2
	100 mV	15	2		2						
Voltage		15	2		2						

Table 2: Laboratory Specimens

Label	C P System	Envrn. Cond.	Elect. Control	Cl added (kg/m ³)	Corroded Area (%)	Cl ion (% measured)
SL-2	ICP	Dry	I-200mV	0	0.4	A - 0.045 B - 0.005 C - 0.049
SL-4	ICP	Dry	I-200mV	15	97.6	
SL-6	ICP	Dry	I-100mV	15	14.5	
SL-8	ICP	Dry	Voltage	15	100.0	
SL-9	ICP	Dry/Wet	I-200mV	0	5.6	
SL-10	ICP	Dry/Wet	I-200mV	0	8.9	
SL-11	ICP	Dry/Wet	I-200mV	15	100.0	
SL-12	ICP	Dry/Wet	I-200mV	15	100.0	
SL-14	ICP	Acc CO ₂	I-200mV	0	3.0	A - 0.015 B - 0.002 C - 0.0
SL-16	ICP	Acc CO ₂	I-200mV	15	7.3	A - 0.498 B - 0.566 C - 0.018
SL-18	ICP	Acc CO ₂	I-100mV	15	10.8	
SL-20	ICP	Acc CO ₂	Voltage	15	14.7	A - 0.533 B - 0.524 C - 0.718
SL-22	SAP	Dry		0	0.0	A - 0.078 B - 0.045 C - 0.141
SL-24	SAP	Dry		15	100.0	C - 0.183 A - 0.410 A - 0.440 B - 0.353 B - 0.422 C - 0.254 C - 0.769
SL-26	SAP	Dry/Wet		0	0.0	A - 0.204 B - 0.085 C - 0.106
SL-28	SAP	Dry/Wet		15	5.9	A - 0.465 B - 0.592 C - 0.594
SL-30	SAP	Acc CO ₂		0	3.4	A - 0.000 B - 0.015 C - 0.083
SL-32	SAP	Acc CO ₂		15	2.3	A - 0.428 A - 0.340 B - 0.561 B - 0.134 C - 0.091 C - 0.615
SL-34	None	Dry		0	0.0	A - 0.015 B - 0.013 C - 0.034
SL-36	None	Dry		15	7.0	
SL-38	None	Dry/Wet		0	2.1	
SL-40	None	Dry/Wet		15	5.1	
SL-42	None	Acc CO ₂		0	2.0	
SL-44	None	Acc CO ₂		15	11.7	

Chloride Measurement - Concrete Powder Sampling (Drilling) Point

3 points per 1 specimen



[Sacrificial Anode system]

ZINC PLATE

&

[Non - protection]

[impressed current system]

TITANIUM MESH

CHLORIDE CONTENT TEST

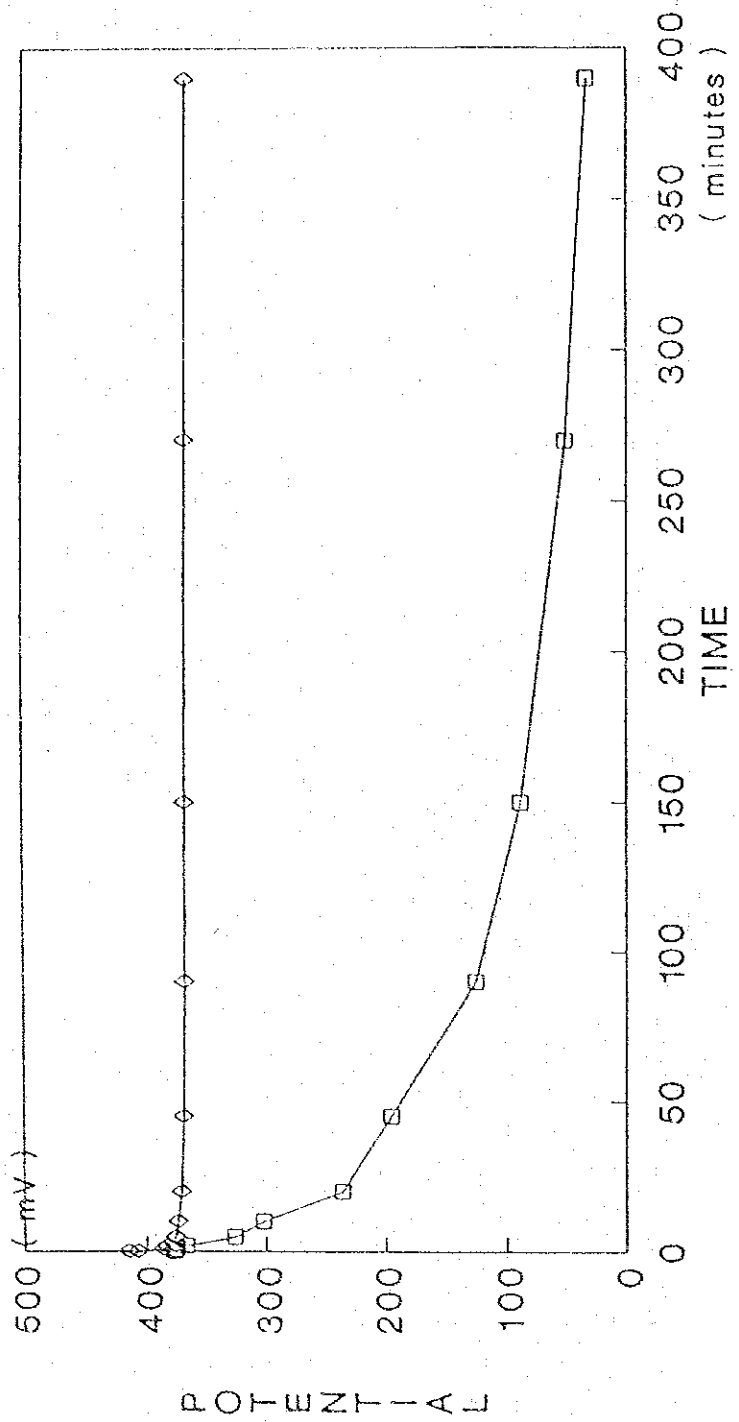
No	SPECIMEN	SILVER THIOCYANATE MOLARITY		MASS SAMPLE M (g)	CHLORIDE ION CONTENT (%)	
		NITRATE V5 (ml)	V6 (ml)			
1	CL-10/5-25	9.7	8.1	0.0969	5.128	0.128
2	CL-10/STEEL	8.5	8	0.0969	5.02	0.053
3	CL-10/ZINC	2.6	0.4	0.0969	5.04	0.156
4	CL-12/5-25	8.6	0.7	0.0969	5.029	0.558
5	CL-12/STEEL	10	2.8	0.0969	5.015	0.515
6	CL-12/ZINC	12	6.2	0.0969	5.033	0.422
7	CL-18/5-25	10	2.6	0.0969	5.017	0.529
8	CL-18/ZINC	7	7	0.0969	5.018	0.015
9	CL-18/STEEL	8.1	0.1	0.0969	5.054	0.561
	CL-18/STEEL	15	6.9	0.0988	5.071	0.572
10	E-18/5-25	9.9	1.8	0.0969	5.037	0.574
11	E-18/ZINC	10	4.1	0.0969	5.034	0.424
12	E-18/STEEL	8	1	0.0969	5.037	0.495
13	JE-3/5-25	2.5	0.8	0.0969	5.015	0.122
14	JE-3/STEEL	10.8	9.9	0.0969	5.035	0.085
15	JE-3/ZINC	7	3.1	0.0969	5.083	0.279
16	JE-6/ZINC	11	2.3	0.0969	5.05	0.616
17	JE-6/5-25	10.9	7.6	0.0969	5.097	0.246
18	JE-6/STEEL	10.8	5.3	0.0969	5.032	0.399
19	JE-9/5-25	5	3.8	0.0969	5.062	0.092
20	JE-9/STEEL	8	7.8	0.0969	5.012	0.031
21	JE-9/ZINC	7.2	7.1	0.0988	5.017	0.013
22	L-11/5-25	11.1	2.6	0.0988	4.727	0.640
23	L-11/JAPAN	12.1	8.2	0.0969	5.023	0.293
24	L-11/STEEL	12.2	4.6	0.0969	5	0.549
25	L-14/5-25	10.1	10.3	0.0988	5.029	-0.005
	NO. 3 BOTTOM					
26	L-14/5-25	7	7	0.0969	5.082	0.015
	NO. 1 TOP					
27	L-14/25-45	10.1	10.2	0.0988	5.045	0.002
	NO. 2 TOP					
28	L-16/5-25	8.1	8.1	0.0969	5.039	0.018
	NO. 3 BOTTOM					
29	L-16/5-25	11	4	0.0969	5.07	0.498
	NO. 1 TOP					
30	L-16/25-45	10.9	3	0.0969	5.01	0.566
	NO. 2 TOP					
	L-16/25-45	7.3	0.1	0.0969	5.082	0.502
	NO. 2 TOP					
31	L-20/5-25	7.1	7.3	0.0969	5.062	0.002
	NO. 3 BOTTOM					
32	L-20/5-25	12.3	4.8	0.0969	5.089	0.533
	NO. 1 TOP					
33	L-20/25-45	7.7	0.2	0.0969	5.08	0.524
	NO. 2 TOP					
	L-20/25-45	12.3	2.2	0.0969	5.02	0.718
	NO. 2 TOP					
34	L-22/0-25	4.7	3.7	0.0969	5.042	0.078
35	L-22/STEEL	8	7.6	0.0969	5.051	0.045

36	L-22/ZINC	2.4	0.4	0.0969	5.057	0.141	67	L-42/5-25	7.6	7.8	0.0969	5.024	0.005
	L-22/ZINC	12	9.5	0.0988	5.077	0.193		NO.1 TOP					
37	L-24/5-25	6	0.2	0.0969	5.022	0.410	68	L-42/5-25	6	5.9	0.0988	5.052	0.012
	L-24/5-25	12.2	7	0.0988	5.068	0.460		NO.3 BOTTOM					
38	L-24/25-45	6.3	6.6	0.0969	5.111	-0.007	69	L-42/25-45	5.7	5.8	0.0969	5.036	0.006
	NO.2 TOP							NO.2 TOP					
39	L-24/STEEL	5.2	0.2	0.0969	5.032	0.353	70	L-44/5-25	9	2.5	0.0263	5.018	0.465
	L-24/STEEL	10.1	4.2	0.0969	5.061	0.422	71	L-44/ZINC	9.5	2.6	0.0969	5.029	0.486
40	L-24/ZINC	3.8	0.2	0.0969	5.04	0.254	72	L-44/STEEL	5.3	0.1	0.0969	5.013	0.368
	L-24/ZINC	12.4	1.5	0.0969	5.047	0.769		L-44/STEEL	16.4	8.5	0.0988	5.007	0.557
41	L-26/5-25	8.8	6	0.0969	5.187	0.204	73	L-4/5-25	11.9	5.1	0.0969	5.087	0.485
42	L-26/STEEL	11	10.1	0.0969	5.053	0.085	74	L-4/STEEL	10.2	4.7	0.0969	5.039	0.397
43	L-26/ZINC	4.8	3.4	0.0969	5.012	0.106	75	L-4/ZINC	7.1	7.1	0.0988	5.05	0.306
44	L-28/25-45	10.9	2.6	0.0969	5.019	0.592	76	L-6/5-25	12.6	4.5	0.0969	5.034	0.580
	NO.2 TOP						77	L-6/STEEL	14.6	7.9	0.0969	5.055	0.487
45	L-28/5-25	10.4	3.9	0.0969	5.052	0.465	78	L-6/ZINC	10	9.7	0.0969	5.082	0.042
	NO.1 TOP						79	L-8/5-25	10.3	2.7	0.0988	5.033	0.531
46	L-28/5-25	9.1	0.7	0.0969	5.027	0.594	80	L-8/STEEL	11.7	4.3	0.0988	5.031	0.525
	NO.3 BOTTOM						81	L-8/ZINC	9.9	9.3	0.0969	5.06	0.062
47	L-2/5-25	9.9	9.5	0.0969	5.062	0.049	82	L-9/5-25	11	8.1	0.0969	5.074	0.220
	NO.3 MESH							NO.3 BOTTOM					
48	NO.2/6-25	8	7.6	0.0969	5.01	0.045	83	L-9/5-25	8.9	8	0.0969	5.029	0.081
	NO.1 TOP							NO.1 TOP					
	L-2/25-45	5.3	5.4	0.0969	4.985	0.005	84	L-9/25-45	10	9.6	0.0988	5.078	0.036
	NO.2 TOP							NO.2 TOP					
49	L-30/5-25	10.1	9.2	0.0969	5.052	0.083	85	SE-12/5-25	10.1	3.1	0.0969	5.042	0.499
	NO.3 BOTTOM						86	SE-12/STEEL	7.5	0.1	0.0969	5.012	0.524
50	L-30/5-25	10	10.2	0.0988	5.009	-0.005		SE-12/STEEL	12.3	4.6	0.0969	5.006	0.555
	NO.1 TOP						87	SE-12/ZINC	12	5	0.0988	5.063	0.494
51	L-30/25-45	6.9	6.9	0.0969	5.02	0.015	88	SE-14/5-25	8	7.3	0.0969	5.141	0.064
	NO.2 TOP						89	SE-14/STEEL	9.5	9.4	0.0969	5.012	0.028
52	L-32/5-25	10	4	0.0988	5.004	0.428	90	SE-14/ZINC	9.4	5.9	0.0969	5.031	0.260
	L-32/5-25	5.3	0.5	0.0969	5.02	0.360	91	SE-4/5-25	12.2	5.1	0.0969	5.032	0.511
53	L-32/STEEL	10.1	2.2	0.0969	5.031	0.561	92	SE-4/STEEL	9.2	4.7	0.0988	5.101	0.324
	L-32/STEEL	2	0.1	0.0969	5.032	0.134	93	SE-4/ZINC	10.2	4.6	0.0969	5.002	0.407
54	L-32/ZINC	1.4	0.1	0.0969	5.078	0.091	94	SE-6/5-25	10.6	7.8	0.0988	5.07	0.202
55	L-34/5-25	15.2	6.5	0.0988	5.061	0.615	95	SE-6/STEEL	8.2	7.9	0.0969	5.017	0.039
	NO.3 BOTTOM						96	SE-6/ZINC	8.9	2.6	0.0969	5.082	0.445
56	L-34/5-25	9.7	9.6	0.0988	5.008	0.015							
	NO.1 TOP												
57	L-34/25-45	7.7	7.6	0.0988	5.021	0.013							
58	L-36/5-25	10.1	3.2	0.0988	5.003	0.492							
	NO.1 TOP												
59	L-36/25-45	10.1	3.1	0.0969	5.005	0.503							
	NO.2 TOP												
60	L-36/5-25	10.8	3.6	0.0969	5.028	0.516							
	NO.3 BOTTOM												
61	L-38/5-25	6.3	5.4	0.0969	5.033	0.075							
62	L-38/ZINC	10	10.1	0.0969	5.065	0.015							
63	L-38/STEEL	6.3	6	0.0969	5.01	0.034							
64	L-40/5-25	10	3	0.0969	5.024	0.500							
65	L-40/ZINC	8.7	0.8	0.0969	5.051	0.556							
66	L-40/STEEL	9.8	2.9	0.0969	5.061	0.490							
	L-40/STEEL	12	5.5	0.0988	5.007	0.465							

NATIONAL UNIVERSITY OF SINGAPORE
 CATHODIC PROTECTION SPECIMEN
 LABORATORY TESTING
 DEPOLARISATION TEST FOR ZINC PLATE SPECIMEN
 CARBONATION CHAMBER TEMPERATURE : 30.6 DEG. C

TIME (Mins)	POTENTIAL (mV)		REMARKS
	SL 13	SL 15	
0	378	414	@ 1500 Hrs ON 07 MAR 92
0.1	376	407	
1	375	387	
2	367	383	
5	326	376	
10	302	374	
20	236	371	
45	195	369	
90	125	368	
150	88	367	
270	51	366	
390	33	366	

CATHODIC PROTECTION SPECIMEN @ LAB.
 DEPOLARISATION TEST FOR WIRE MESH.



—□— SL 13 —◇— SL 15

CARBONATION CHAMBER 30.6 Deg.C
 07 MARCH 92 @ 1500 HRS.

ANNEX D

CO-OPERATION PROJECT ON CARBONATION

1. OBJECTIVE

The aim of this project is to study factors influencing carbonation of concrete such as mix proportions, the use of mineral admixtures, and curing regime. In addition, the interaction between chloride penetration and carbonation will also be investigated.

2. SCOPE OF STUDY

(a) To study the effect of w/c ratio, replacement of cement with mineral admixtures and curing regime on carbonation.

- SERIES I

(b) To study the effect of presence of Cl^- in concrete on carbonation.

- SERIES II

(c) To study the effect of carbonation on Cl^- penetration.

- SERIES III

3. EXPERIMENTAL DETAILS

3.1 EXPERIMENTAL PROGRAMME

The experimental programmes of Series I, II and III are shown in Table 1, 2 and 3 respectively. However, for Series I, only mixes labelled with 0, x or \dagger will be studied.

3.2 MIX PROPORTION

The mix proportions of Series I, II and III are shown in Table 4, 5 and 6 respectively.

3.3 PREPARATION OF SPECIMEN

Specimens used for carbonation test were cast with a dimension of 100x100x400 in mm. For compressive strength test, cube specimens with dimension of 100x100x100 in mm were cast. All specimens are cured in water at 28 \pm 2 C for a scheduled period of 0, 3, 7 or 28 days before the carbonation demoulding.

3.4 EXPOSURE CONDITION

The exposure condition of prisms in the carbonation chamber is controlled as follows:

- Relative Humidity : 65%
- Temperature : 30 C
- CO₂ concentration : 7%

3.5 MEASUREMENT OF CARBONATION DEPTH

The carbonation depth of specimens are measured at the 1st, 2nd, 4th, 6th, 8th, 12th, 16th, 20th and 24th week after exposure to the controlled environment in the carbonation chamber. Specimens are first split by using compressive machine, the freshly broken surfaces are then treated with phenolphthalein. Carbonation depth is determined by the depth of the discoloured portion from the exposure faces at 20mm interval.

4 RESEARCH PROGRESS

Series I :

Table 1 shows the date of casting, the exposure period in the carbonation chamber (until 10 March 92) and its approximate carbonation. The study of this series is expected to be completed by August 1992.

Series II :

The study of this series was conducted by Mr Hamidon, a short term collaborator from Brunei, for a period of three months. A copy of report covering the details of the study was submitted to JICA sometime in mid 1991.

Series III :

In view of the shortage of manpower the study of this series has not been carried out.

Table 1 Experimental Programme of Series I

Mineral Admixture	Fineness (cm ² /g)	Replacement % by Cement wt.	Curing Period (days)				Remarks
			0	3	7	28	
BFS	3,000	0	0x†	0x†	0x†	0x†	
		30			x		
		55			x		
		70					
BFS	6,000	30			x		
		55	x	x	x	x	
		70					
BFS	8,000	30			x		
		55			x		
		70					
PFA	3,000	15	x	x	x	x	
		30			x		
PFA	6,000	15			x		
		30			x		
PFA	8,000	15			x		
		30			x		
SF	-	5			x		
		10	x	x	x	x	

where, BFS : Blast Furnace Slag
PFA : Pulverized Fly Ash
SF : Silica Fume

0 : W/C Ratio = 0.4
x : W/C Ratio = 0.5
† : W/C Ratio = 0.6

Table 2 Experimental Details of Series II

w/c (by wt.)	Curing Period (days)	Type of Cl ⁻	Cl ⁻ Content
0.7	0	Internal	0 (On the basis of using sea-sand) (On the basis of using sea-water)
		Intruded	Submerging specimen into NaCl solution

Table 3 Experimental Details of Series III

w/c (by wt.)	Curing Period (days)	Pre-Carbonation	
		Yes	No
0.7	0	x	x

Table 4 MIX PROPORTION OF TEST SPECIMENS

W/C Ratio	Binder Content (kg/m ³)	Water Content (kg/m ³)	Fine Aggregate (kg/m ³)	Coarse Aggregate (kg/m ³)	Fine Aggregate/ Total Aggregate Ratio (wt%)
0.4	475	190	740	940	44
0.5	380	190	825	930	47
0.6	320	190	870	940	48
0.7	290	200	970	970	50

Research Progress of Series I

W/C Ratio	Mineral Admixture	Fineness (cm ² /g)	Replacement % (by wt)	Date of Casting	Exposure Period (weeks)	Approximate Carbonation Depth (mm)
0.4	-	-	-	15/11/91	6	6
0.6	-	-	-	22/11/91	6	12
0.5	BFS	3,000	30	11/12/91	4	10
			55	15/1/92	4	12
0.5	BFS	6,000	30	23/12/91	4	9
			55	6/1/92	4	15
			70	30/12/91	4	16
0.5	BFS	8,000	55	15/1/92	4	10
			70	18/12/91	4	16
0.5	PFA	3,000	15	19/11/91	6	15
			30	29/1/92	6	17
0.5	PFA	6,000	15	12/12/91	6	14
			30	3/12/91	6	15
0.5	PFA	8,000	15	29/11/91	6	14
			30	5/12/91	6	16
0.5	SF	-	5	26/11/91	6	9
			10	8/11/91	6	12

F/Y	Item	Quantity	Amount (¥)
1990	43. CROSS HATCH CUTTER, ELCOMETER 107	1 SET	68,500.00
	44. SAABRG THICKNESS DRILL, ELCOMETER 107	1 SET	168,000.00
	45. NET FILM THICKNESS GAUGE, ELCOMETER 115	1 SET	30,000.00
	46. MULTI-FUNCTIONAL ANALYTICAL BALANCE, MODEL RR300	1 SET	378,000.00
	TOTAL:		<u>53,308,460.00</u>

(2)

LIST OF EQUIPMENT (FY 1991)

EQUIPMENT	COST
1. X-ray Diffractometer, Shimadzu XD-D1	S\$167,370.00 (JpYen 13.39 m)
2. Omni Mixer, Chiyoda OM-30A (30 l)	S\$33,500.00 (JpYen 2.68 m)
3. Ion Chromatography, Dionex 2000	S\$37,288.00 (JpYen 2.983 m)
4. Automatic Chloride Permeability Test Equipment RCPT 2.3	S\$51,500.00 (JpYen 4.12 m)
5 High Resolution Sputter Coater with accesories B10-RAD SC 500A	S\$26,343.00 (JpYen 2.107m)
6. Freeze Drier, EDWARDS EDT4 (Tissue Dryer)	S\$21,082.00 (JpYen 1.687m)
7. Twin Shaft Mixer 1001 (super double mixer SD100)	S\$32,900.00 (JpYen 2.632m)
8. Electric Muffle Furnace N11/H NABERTHERM (Max 280 degree C)	S\$4,273.00 (JpYen 0.342m)
Total:	S\$374,256.00 (JpYen 29.941m)

PROJECT PLAN FOR FY 1992

I. Project Activities

The project activities are summarised in Table 1.

II. Japanese side inputs

(1) Training in Japan

- (a) Chloride Penetration and Carbonation of Concrete, for 3 weeks (one participant).
- (b) Cathodic Protection Methods for Concrete Structures, for 3 weeks (two participants, including one from another ASEAN country).

(2) Japanese experts

(a) Long term experts

- to be continuously stationed for effective implementation of the Project as scheduled.

(b) Short term experts

- two (2) experts on Cathodic Protection Methods for Concrete Structures.
- two (2) experts on Chloride Penetration and Carbonation of Concrete.
- one (1) expert on Corrosion in Structures for the follow-up on multilateral activities.
- eight (8) experts for the final regional seminar in September 1992.

(3) Provision of equipment

Main items of equipment for the Project have been provided by JICA in FY 1990 and FY 1991. Additional equipment to be provided by JICA in FY 1992 will be locally purchased.

The priority list of equipment for FY 1992 is shown in Table 2.

III. Assignment of local supporting staff for counterparts

The following number of personnel should be secured and assigned to the Project for effective implementation and attainment of the objectives.

- (1) Minimum of two (2) personnel for the Carbonation Test scheduled in Table 1.
- (2) Minimum of three (3) personnel for the Cathodic Protection Test scheduled in Table 1.

IV. Schedule of the Japanese Final Evaluation Team

The Japanese Final Evaluation Team is proposed to be dispatched to the Republic of Singapore in September 1992 for the purpose of final review and evaluation of the Project. However, the Team noted that a final evaluation on the multilateral activities would be carried out by the ASEAN Subcommittee on Materials Science and Technology.

Table 1

Project Activities

ACTIVITIES	19 92							
	3	4	5	6	7	8	9	10
Cathodic Protection Test								
a) Site Test Measurement								
Rewiring Work		—						
b) Laboratory/Exposure Test								
Measurement	—							
Destructive Test								
* chloride content		—	—					
* carbonation depth		—	—					
* steel bar corrosion		—	—					
Carbonation Test								
Carbonation Test								
Chemical Analysis Test (X-ray)								
Microstructural Analysis (Porosity)								
Analysis and Summary of the Test Results								
Analysis and Summary of the Test Results			—	—				
Final Report								
1st Draft				—	—			
Final Manuscript					—	—		
Printing						—	—	
Long Term Experts from Japan								
Mr A Ikegami								—
Mr S Kaneshiro								—
Short Term Experts from Japan								
Cathodic Protection Test (2)		—	—					
Carbonation Test (2)				—	—			
Follow up on Multilateral Activities (1)				—	—			
Final Regional Seminar (8)								—
Final Evaluation								—
Training in Japan								
Carbonation Test (1)				—	—			
Cathodic Protection Test (2)					—	—		
Follow up on the Multilateral Activities								
Follow up on the Multilateral Activities				—	—			
Final Regional Seminar								—
Final Regional Seminar								—
Final Evaluation								—
Final Evaluation								—

Table 2 Priority List of Equipment for FY 1992

PRIORITY	EQUIPMENT
1	Corrosion Monitor
2	Vacuum/Vapor Traps
3	250kN Automatic Compression Machine (with Flexural Attachment)
4	Automatic Agate Mortar (Laboratory Mill)
5	Vibro Screen (2 stages)
6	Concrete Mixer (100 l)
7	Omni Mixer (10 l)
8	Analytical Balance (1) 30/60/162 g : 0.01/0.02/0.05 mg (2) 303 g : 0.1 mg
9	Three-gang Mould (10 Nos)
10	Jolting Table
11	Water Purification System
12	Vacuum Dessicator (3 Nos)
13	Agate Mortar (2 Nos)
14	Repeating Dispenser (4 Nos) 1 ml, 4 ml, 10 ml, 30 ml
15	CO ₂ Gas Sampling System
16	Oven (for drying instruments)

