

透地雷達技術應用於
基隆和平島古堡舊城牆遺址之探測
期 末 報 告 書



國 立 成 功 大 學
公 共 工 程 研 究 中 心

中 華 民 國 九 十 一 年 十 二 月

透地雷達技術應用於 基隆和平島古堡舊城牆遺址之探測

一、前言

以往調查埋在地下的古蹟遺址，常需藉由文獻的記載與鄉野訪查以提供調查者初步概略的位置，而後再藉由現地的試挖以獲取可能的埋設地點，如此不但曠日費時，且需較多的人力、物力。因此，若能在現地調查時提供調查者較明確的現地資訊，將有助於埋藏遺址的探尋工作。近年來隨著科技發展的日新越異，使得非破壞性檢測技術在土木工程上的應用顯得日益重要，主要是因其具有快速、經濟、有效等優點，而透地雷達探測技術(Ground Penetrating Radar，簡稱 GPR)是其中的方法之一。如今台灣大學鮑曉鷗教授為瞭解基隆和平島古堡舊城牆遺址的相關位置，乃委託成功大學公共工程研究中心利用透地雷達檢測技術進行古城牆遺址的探測，期望經由透地雷達的調查結果，以利古城牆遺址位置的判定。

二、透地雷達系統簡介

本中心所採用的透地雷達系統是由美國地球物理探測設備公司(GSSI)所生產的 SIR-10 透地雷達系統，此系統之特性分述如下。

SIR-10 系統的組成分成雷達天線、IBM Pentium-133 微軟主機，螢幕顯示器與電源四個主要的部分：

- 1.雷達天線：透地雷達系統的天線是屬於發射天線和接收天線，固定在等間距的天線系統，但其可靠主機設定發射或接收，所以一樣可以多道雷達天線進行波速的量測，與一般偶極天線(dipole antenna)類似。當一天線置於地表時，其幅射進入地下之能量分佈近似一橢圓形，而其主波束寬度則大約如圖 2-1 所示。

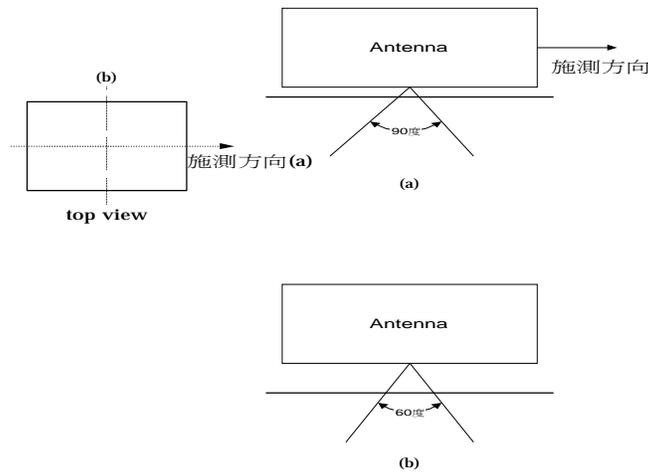


圖 2-1 GSSI 天線輻射場情形

2. IBM Pentium-133 微軟主機：主機除了本身用於收集資料外，還可將資料儲存於硬碟中，確保資料不會流失，另外主機還提供能量轉換界面、訊號處理裝置（可用來濾波、設定波能增益...等）、外接鍵盤、外接資料儲存機之接頭等。
3. 螢幕顯示器：螢幕顯示器除了 15 英吋的彩色螢幕以外，還有數排的按鍵控制器，用以選擇所要使用之功能。
4. 電源：電源一般是使用 12 伏特的直流電，外接於加水式電瓶上。



照片 2-1 SIR-10 透地雷達設備外觀(天線為 500MHz)

I 儀器施測內部流程

一般而言，SIR 系統的基本施測流程可分為以下八步驟：

1. 由主機內之脈衝啟動器(pulse trigger)激發信號。

2. 將激發出之脈衝信號傳至雷達天線。
3. 將激發信號轉變成高頻雷達波。
4. 向地層內發射高頻雷達波。
5. 雷達波在界面產生反射現象。
6. 接收來自地下的反射信號。
7. 反射信號傳回系統主機。
8. 訊號儲存於磁帶機並即時顯示。

而實際上透地雷達係以拖曳天線的方式來作業，即於相同水平間隔距離內(若等速拖曳)不斷地重複上述之步驟；如此即可得到整條測線的透地雷達剖面圖，如圖 2-2 所示。

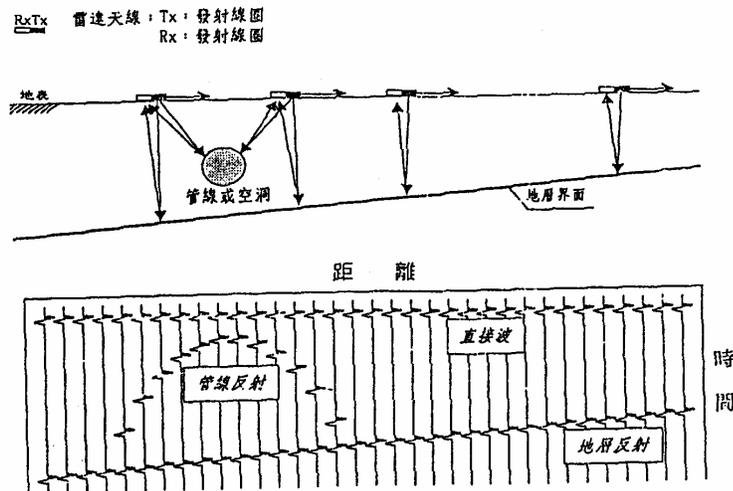


圖 2-2 透地雷達施測原理示意圖

三、資料分析

(1) 古堡相關資料

1626 年西班牙人宣佈佔領雞籠島(今和平島)，在島上西南端興建聖薩爾瓦多城(San Salvador)，其為一下寬上窄的石造堡壘，見圖 3-1；又根據文獻記載，至 1634 年為止，西人陸續於該城增建四座稜堡，但整體規模不得而知。

1642 年荷蘭人打敗西班牙人佔領雞籠島，在荷西戰役之後，荷人破壞大城只留下西側稜堡，見圖 3-2。

1661 年鄭成功將荷人逐出台灣；1664 年荷人再度佔領雞籠，並在聖薩爾瓦多城舊址進行擴建，依據 1667 年的北荷蘭城(Noord Holland Fort)設計圖，該城為一變形之方形稜堡，每邊長約 99 公尺，有三個尖形稜堡(南邊缺少一稜形砲台)，其中西稜堡最大，東、北稜堡較小，如圖 3-3 所示。1668 年荷人退出雞籠，並炸燬北荷蘭城。

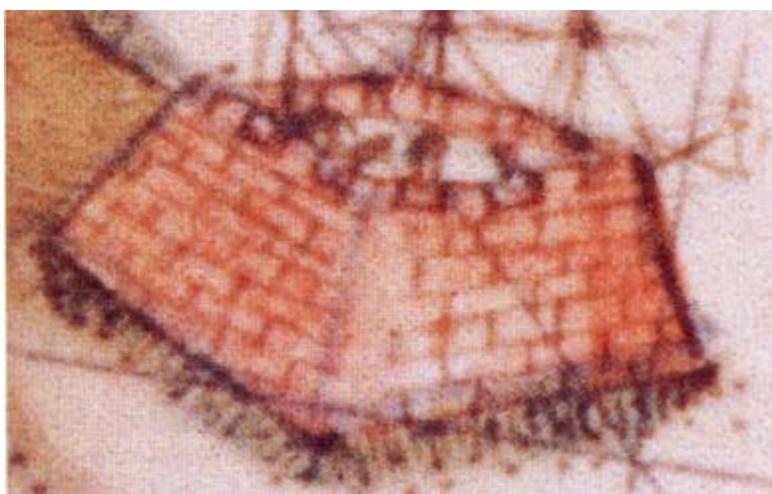


圖 3-1 聖薩爾瓦多城手繪圖(1629)

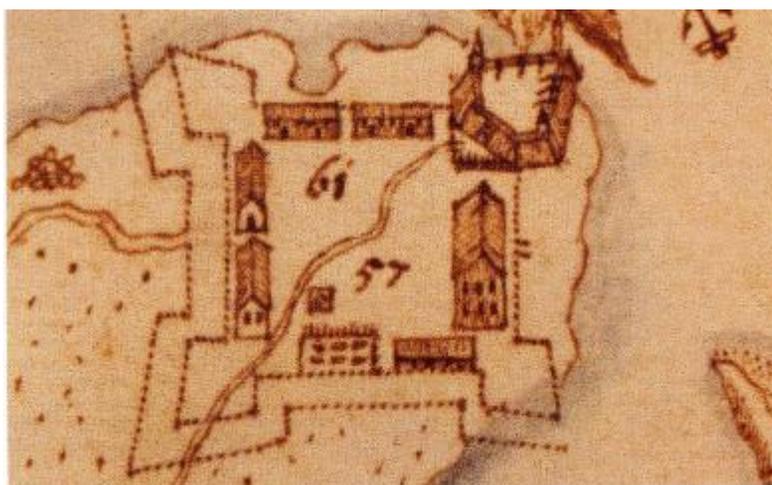


圖 3-2 聖薩爾瓦多城僅剩之西側稜堡手繪圖(1654)

1680年鄭經派人將之夷為平地，次年再照舊址築城。入清之後該城逐漸傾頽，至日治時期此處仍有少數遺蹟，1933年村上直次郎曾進行考查，還可見部份基石，並於1936年由日本總督府加以挖掘調查（照片3-1及3-2）；戰後基隆港擴建，城址成為造船廠，目前已完全不見蹤跡。

圖3-4為小早川篤四郎根據文獻資料所繪製之古城位置圖，再由圖3-5所示之基隆港開發建設過程比對，古城之位置應於現今和平島中國造船公司舾裝工廠附近（見圖3-6），紅色線條為推測之古城位置圖。

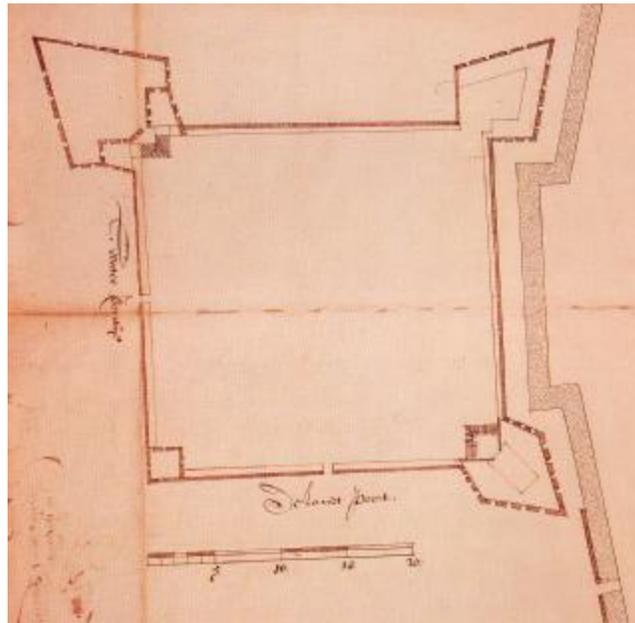


圖 3-3 北荷蘭城設計圖(1667年)



照片 3-1 日治時代北荷蘭城殘蹟



照片 3-2 日治時代北荷蘭城殘蹟開挖調查情況

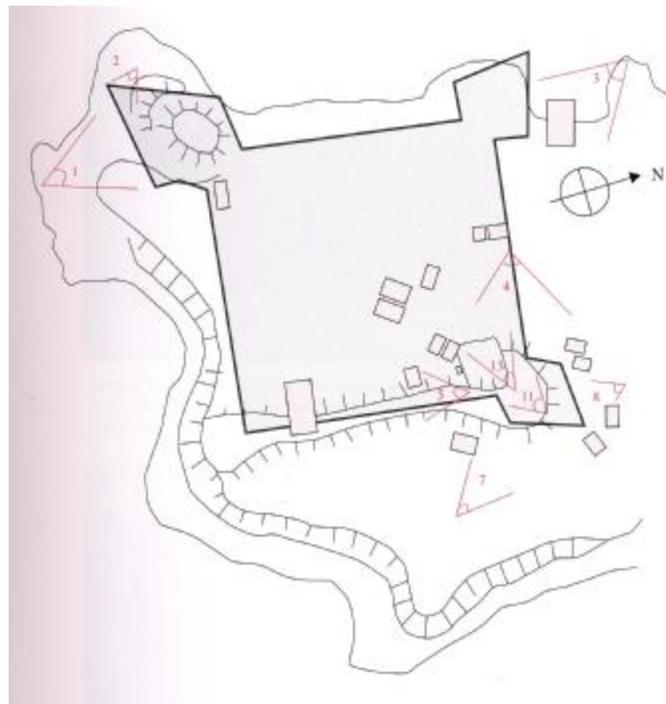


圖 3-4 小早川篤四郎根據文獻資料繪製之古城位置圖

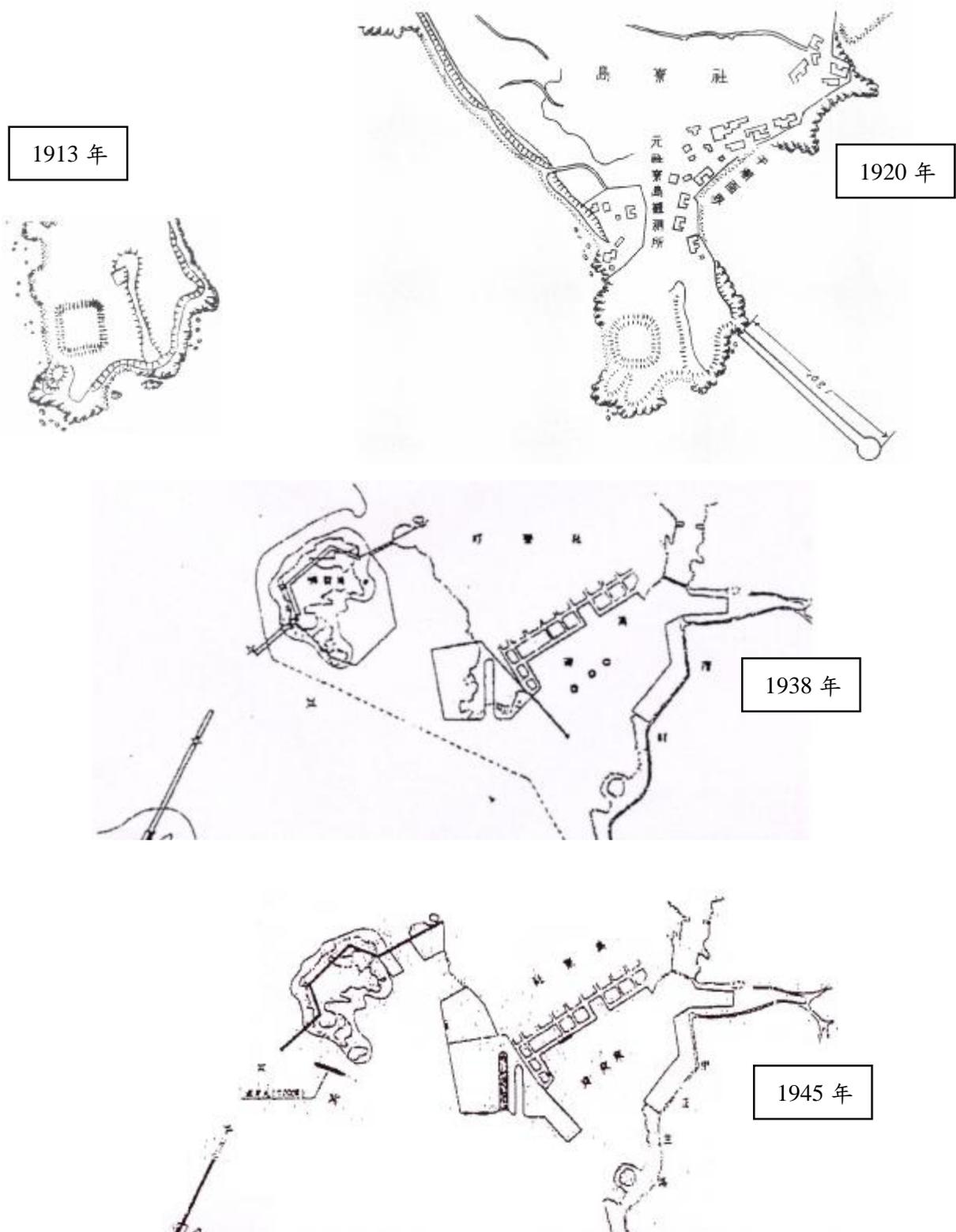


圖 3-5 不同年代之基隆港圖



圖 3-6 基隆和平島古城牆遺址推測圖 (紅線部份)

(2) 雷達影像分析

圖 3-7 為本中心於台南市安平古堡所測得城牆遺址透地雷達影像圖，白色框線標出城牆基礎之反射圖像。由於基礎為磚石築成，材質異於週遭地質環境及其具整齊排列結構，因此在雷達影像圖上將產生特殊之圖徵。

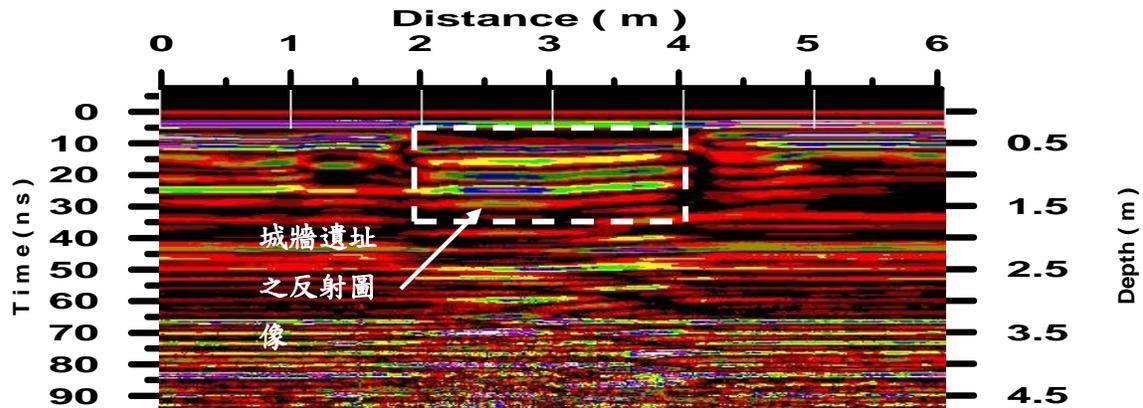


圖3-7 城牆基礎雷達影像圖徵

四、施測結果

(1)測線規劃

關於基隆和平島古堡舊城牆遺址的分布情形，根據鮑曉鷗教授所提供之研究資料及相關文獻的記載，該城牆遺址應座落於中國造船公司基隆廠舾裝工廠下方（如圖 3-6 所示），但仍有相當的不確定性，故在舾裝工廠內及附近區域皆規劃測線。此外，透地雷達在廠區如建築物、機具及地面鋪設鋼板處等地方無法施測，因此規劃之雷達施測區域如圖 4-1 及 4-2 所示：

(2)GPR 現地施測

現地 GPR 之探測情形如照片 4-1 及 4-2 所示，選用中心頻率為 300MHz 之透地雷達天線來進行探測，探測深度約 4.8 米。



照片 4-1
舾裝工廠內之施測情形



照片 4-2
舾裝工廠旁之施測情形

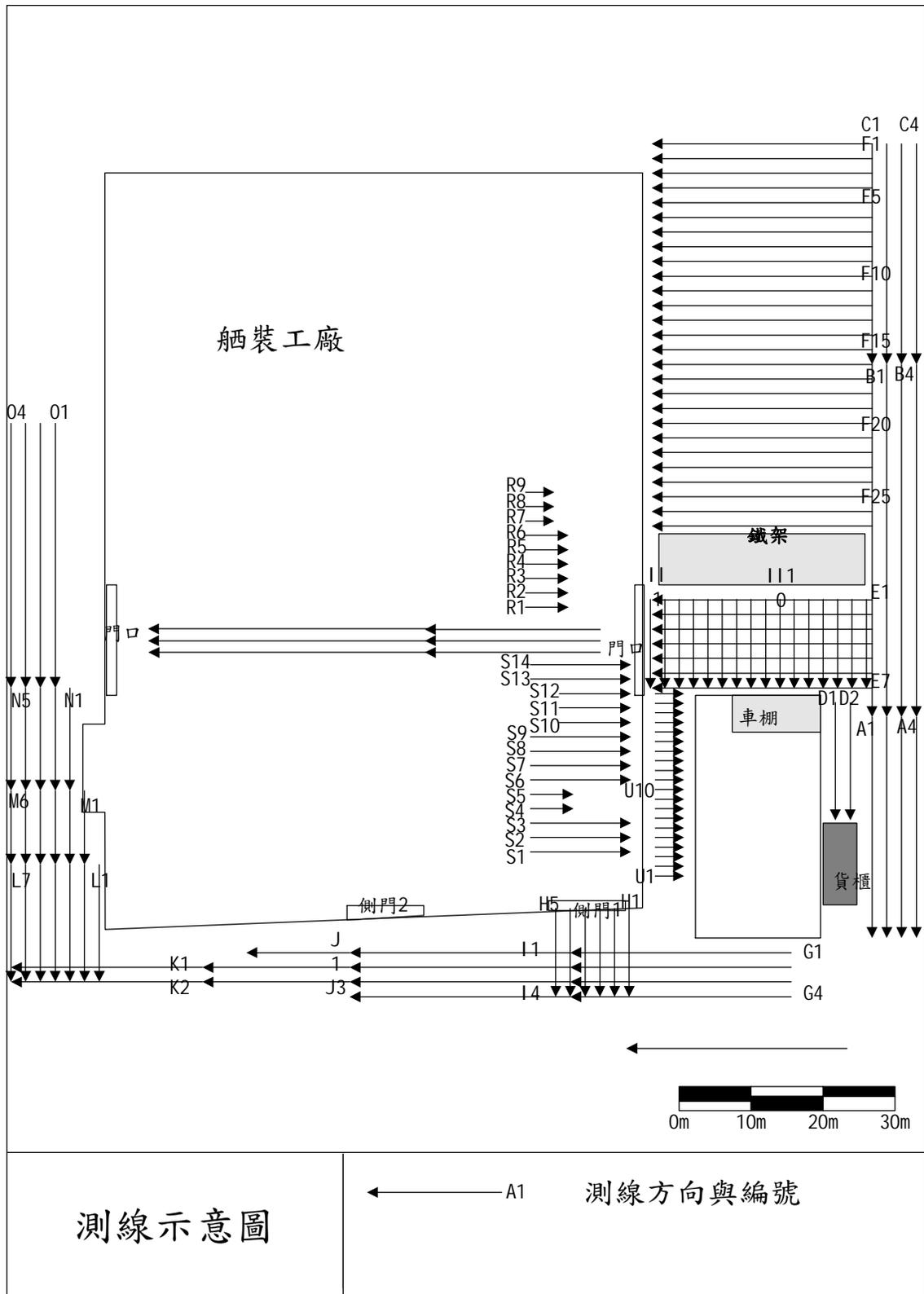


圖 4-1 測線示意圖 1(舾裝工廠週遭測區)

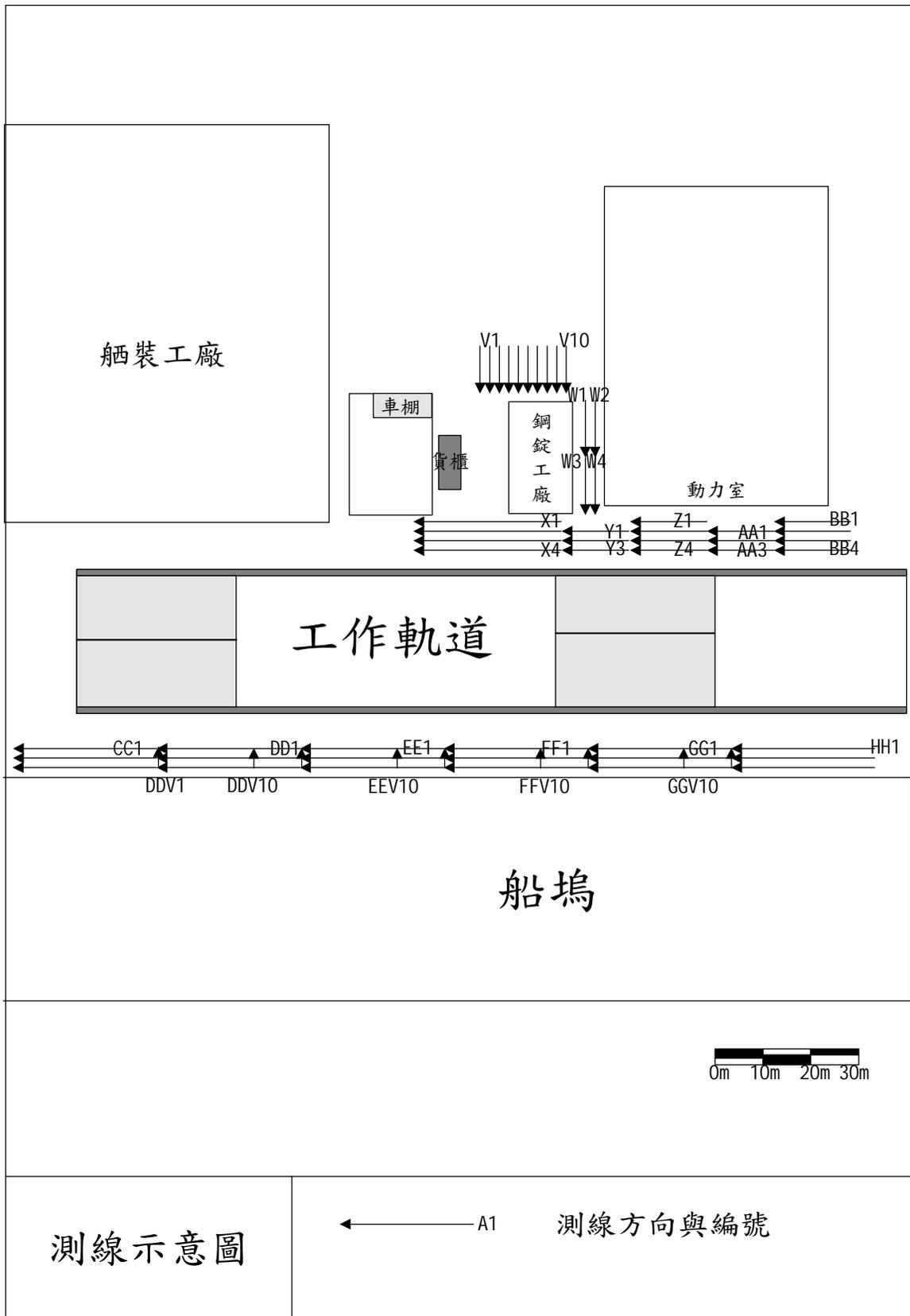


圖 4-2 測線示意圖 2(動力室及船塢測區)

(3)探測結果

經探測發現，在舨裝工廠內之R測區與工廠外西北側之U、V及II 測區仍有城牆遺址存在之可能性，但由雷達影像圖看來，R測區之圖徵較為明顯、U、V測區之圖徵呈現窄小帶狀，而II 測區有出現類似地下城牆圖徵，但分布情形呈破碎狀。R、U、V及II 測區之雷達影像圖如附錄一所示，其餘測區之雷達影像圖列於附錄二。探測結果如圖4-3及4-4所示，黃色帶狀為城牆遺址可能存在區域。

五、參考文獻

- (1) J.E BORAO，2001，“Spaniards in Taiwan，Vol I”，臺北：南天。
- (2) J.E BORAO，2002，“Spaniards in Taiwan，Vol II”，臺北：南天。
- (3) 村上直次郎著，許賢瑤譯，1996，〈基隆的紅毛城址〉，臺北文獻直字117期：127-138。
- (4) 張同湘，1995，〈十七世紀荷屬東印度公司城堡簡介〉，臺南文化新38期：155-183。
- (5) 薛化元等譯，1996，《臺灣先民的遺跡》，台北：稻鄉。
- (6) 劉敏耀，2001，〈基隆砲臺研究〉，臺灣文獻，52卷1期：153-180。

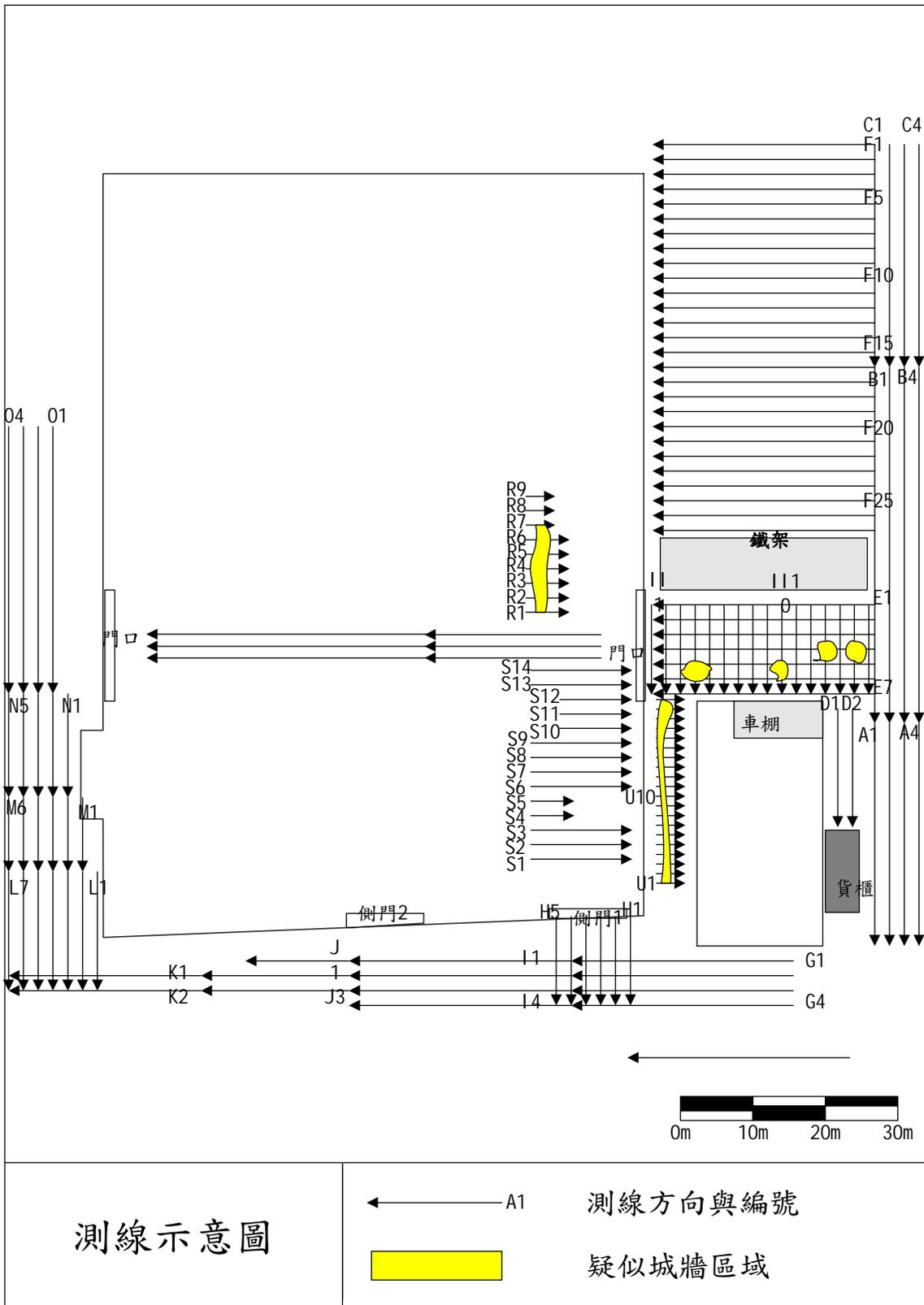


圖4-1 施測結果圖1(舢裝工廠週遭測區)

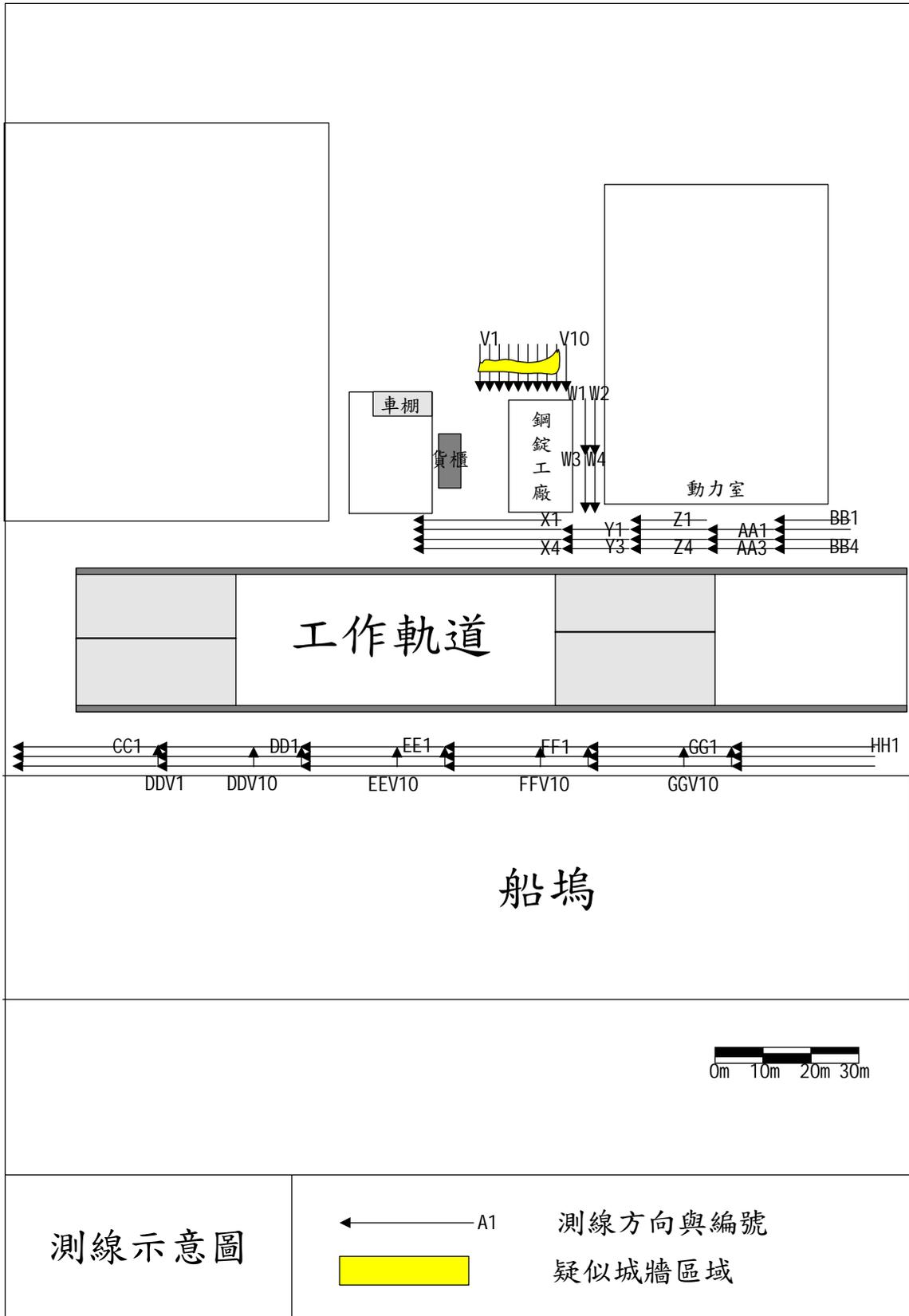


圖 4-4 施測結果圖 2(動力室及船塢測區)