

第四節 大坡至錦園地區非地震潛移變形活動

花東縱谷為中央山脈歐亞大陸板塊及海岸山脈菲律賓海板塊間狹長谷地，亦為兩板塊縫合線。菲律賓海板塊每年以約7公分的速率向歐亞大陸板塊聚合，在兩板塊邊緣形成許多地震活動，地震網顯示臺灣地區地震帶的分布，與板塊邊界密切嵌合。地震活動頻繁及非地震性地表破裂現象，正說明花東縱谷為活動板塊聚合作用的產物。臺東縣池上鄉大坡及錦園地區地上建築物發生非地震地表破裂現象，累積過去數年觀察及在三個地點實地測量，結果顯示自1990年迄今，大坡地區每年平均位移3公分；過去三年，大坡南方錦園每年平均位移1.8公分；大坡與錦園間的位移量平均超過2.5公分(圖2-9)。此三處非地震地表破裂現象均以逆衝斷層及斜移斷層的形式破裂，位移的方位由N100E至N160E。其與台東縱谷斷層從大地測量計算所得之位移方位及位移量大致吻合(N146, 20mm/yr)。大坡至錦園間三處破裂地點成直線排列，長約4公里，往北延長通過有地震地表破裂的富里。地震地表破裂及非地震地表破裂均為花東縱谷活動斷層所呈現的現象。

池上斷層位在池上東方，由航照圖上可明顯的判釋出由石牌村沿N20°E走向，經堵港埤、大坡村、錦園村至萬安村西南方，長達12公里的一條線形，是臺東縱谷斷層帶內最長的一段活斷層。由該地區的地形等高線圖發現此斷層東側較西側上升約2到15公尺。徐鐵良(Hsu, 1962)由其具有非常直的急崖，且分布在卑南大溪和秀姑巒溪分水處的東岸，而西岸並無相對應的地形，排除其為河川所形成，再加上崖下有一疑似斷層湖的大坡池，而推斷為活動斷層。

1951年玉里—池上地震的地震斷層線經過富里國小、池上鄉之慶豐村、錦園村(楊蔭清, 1953)等池上斷層上的結構物都受到損壞。1951年玉里—池上地震的第一次地震(02:47)與1992年成功地震的震央皆十分接近池上斷層。尤其是該兩次地震發生時，池上斷層周圍如富里、學田、慶豐、錦園、萬安等地的民宅損壞均十分嚴重。

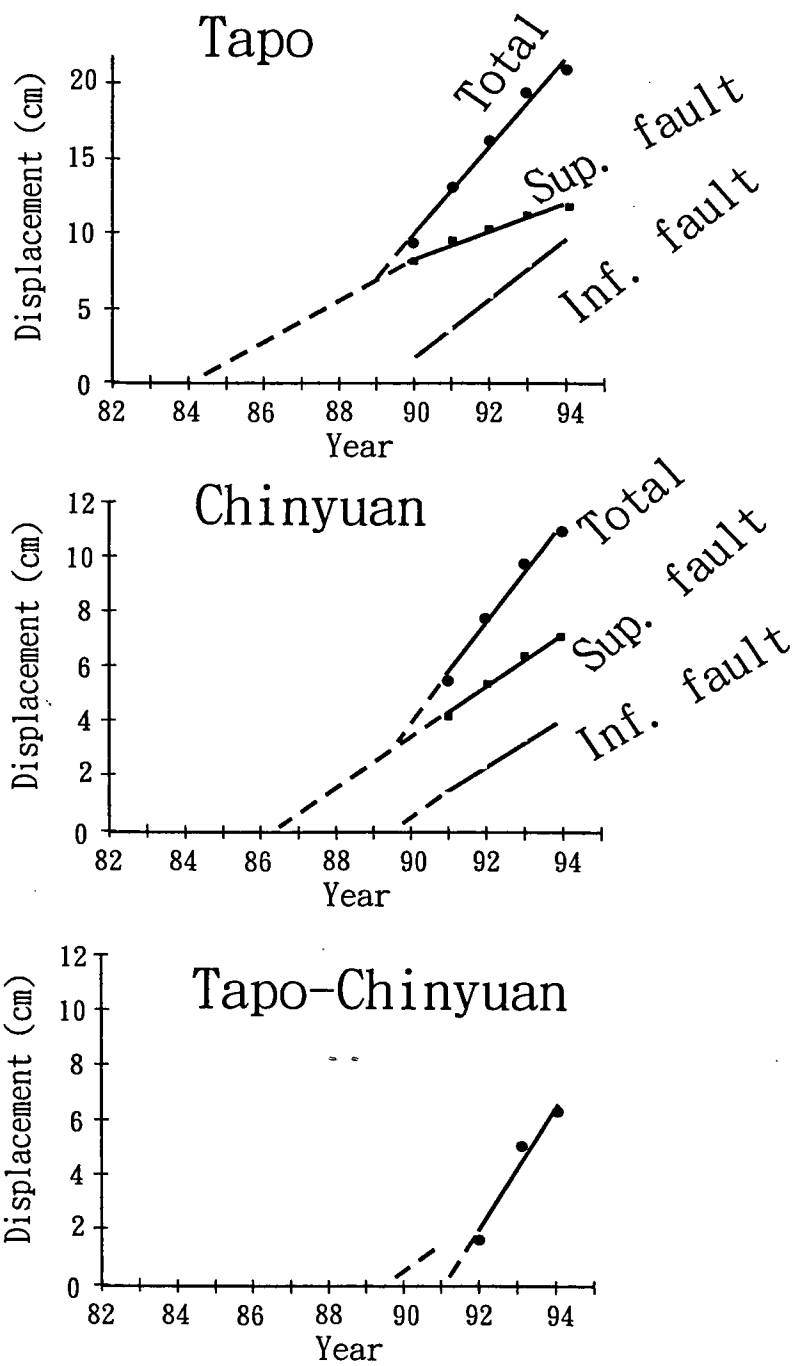


圖 2-9、臺東縣池上鄉大坡及錦園地區地上建築物發生非地震地表破裂現象，結果顯示自 1990 年迄今，大坡地區年平均位移 3 公分；大坡南方錦園年平均位移 1.8 公分；大坡與錦園間的位移量平均超過 2.5 公分（摘自 Lee, 1994）。

在富里以南的富池橋東方約 200 公尺的鯨溪南岸可以發現位態為 $N 20^{\circ} E / 60^{\circ} SE$ 的斷層露頭 (圖 2-10)。斷層東側為層面近乎直立的青灰色利吉層，斷層以西的岩層則可分為上、下兩層，下層以約 5 公尺厚，淘選不佳的沖積層為主，礫石主要來源為中央山脈的板岩、千枚岩等變質岩，位態為 $N 30-40^{\circ} E / 50-64^{\circ} SE$ ，層位可對比於卑南山礫岩；上層則為 1 至 2 公尺厚的河階礫石層，岩層近乎水平。斷層則由東向西逆衝而掩覆在全新世的礫石之上，顯示活動的時間在全新世礫石沈積之後。由斷層擦痕研判出的主壓應力方向為 135° ，代表這些露頭均受到現今之板塊聚合方向的擠壓。位於大坡村北方，大坡國小旁的河岸，曾發現活動斷層的露頭，東側的為青灰色利吉層與西側位層接近水平的河階礫石層以斷層接觸 (楊貴三, 1986)。

臺東縣池上鄉東方之大坡村及東南方之錦園村地區，圳溝、河堤、民宅、曬穀場等建築物均受斷層切割而破裂。累積過去數年的觀察及實地測量，顯示受到水平方向壓縮性大地應力的作用。建築物破裂的斷面，位移方向及性質與花東縱谷斷層相若。

1982 至 1984 年間，池上通往大坡社區的橫跨斷層崖的道路的護坡牆有非地滑引起的破裂 (Barrier and Chu, 1984)，此護坡牆之破裂 (圖 2-11) 為往西逆衝斷層，同時漿砌卵石駁坎上的塑膠排水管受擠壓而強烈變形。護坡牆 1985 年重建，1987 年在同一地方發生同樣性質之破裂，圖 2-9 呈現此破裂訖 1994 年所累積的位移。1990 年，中央研究院、台灣大學土木工程系、經濟部中央地質調查所與法國巴黎第六大學在護坡牆破裂面左右兩側牆面均釘上鋼釘，設置小型三角測量網，每年測量一次，在量測期間內，該網每年持續穩定的有將近 3 公分的錯移量 (Angelier *et al.*, 1997)，顯示破壞的一致性與累積性。1994 年時護坡再度因破壞嚴重而敲掉重建，且以混凝土預鑄框格覆蓋，以致這些現象目前已無法看到。

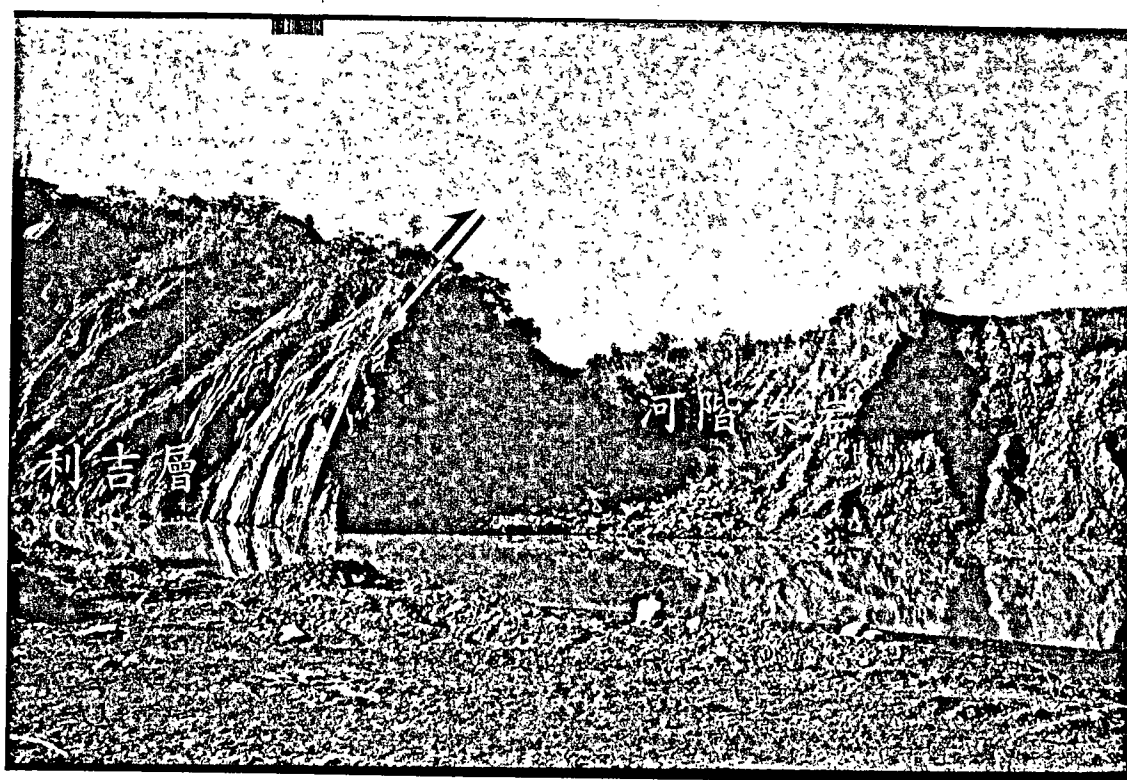


圖2-10、富里以南的富池橋東方約200公尺的鰲溪南岸可以發現位態為 $N 20^{\circ} E / 60^{\circ} SE$ 的斷層露頭。斷層東側為層面近乎直立的青灰色利吉層，斷層以西的岩層則可分為上、下兩層，下層以約5公尺厚，淘選不佳的沖積層為主，礫石主要來源為中央山脈的板岩、千枚岩等變質岩，位態為 $N 30-40^{\circ} E / 50-64^{\circ} SE$ ，層位可對比於卑南山礫岩；上層則為1至2公尺厚的河階礫石層，岩層近乎水平。斷層則由東向西逆衝而掩覆在全新世的礫石之上，顯示活動的時

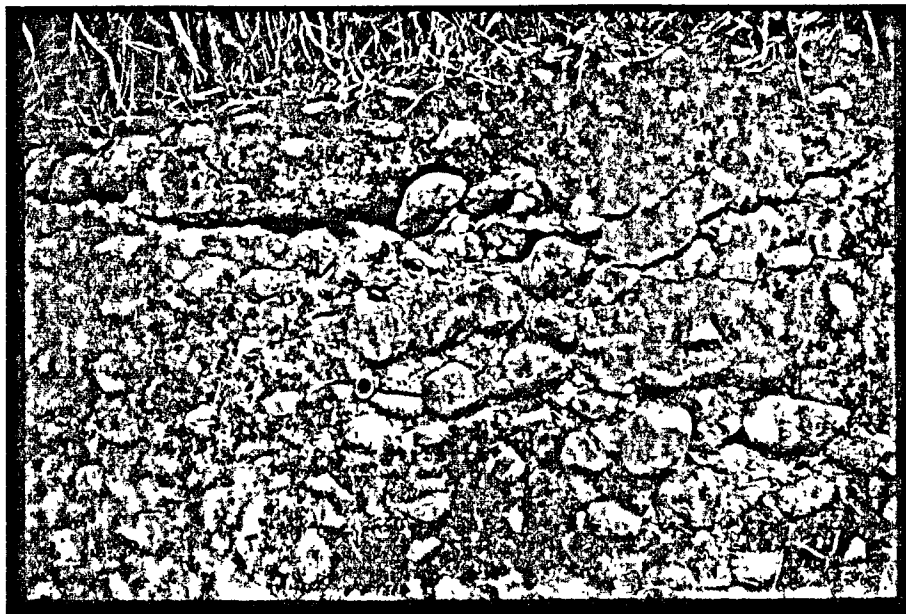
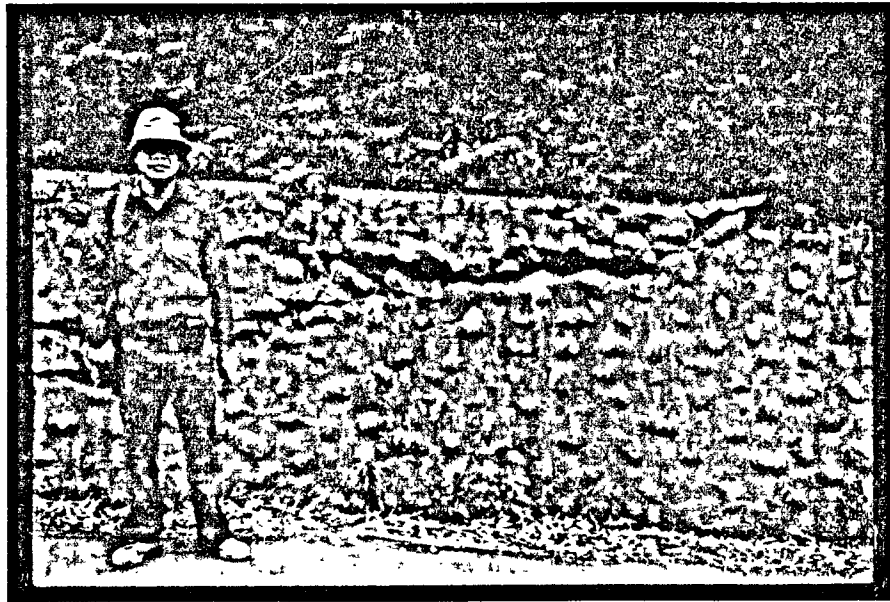


圖2-11、池上通往大坡社區的橫跨斷層崖的道路的護坡牆有非地滑引起的破裂，此護坡牆之破裂為往西逆衝斷層，同時漿砌卵石駁坎上的塑膠排水管受擠壓而強烈變形。

自1991年起，對於可能為非地震地表破裂之建築物，在台東縱谷間設有鋼釘三角測網或鋼釘測線共有十多處，其中以大坡社區護坡牆，距大坡社區南方4公里錦園社區之圳溝及大坡與錦園間之圳溝所設之鋼釘三角測網之變形量最為顯著。自大坡往南向錦園的公路西側，錦園村 161 號旁的水泥圳溝上發現有由西向東擠壓的破裂面，破裂面所經過的塑膠水管嚴重扭曲、破裂。發現該地區在量測期間內每年均有 1 到 3 公分不等的縮短量，表示斷層持續而穩定的活動。在三年半內（1990-1994）錯動 7.5 公分，平均每年有 2.1 公分的錯移量（Angelier *et al.*, 1997）。

往南到了錦園地區（圖 2-12），是潛移現象最活躍的地區。由於新開園 76 號與 74 號自 1951 年地震破壞後只做局部的增建，地震破壞現象保留得十分完整。房屋傾斜、門檻扭曲（圖 2-13）、三合院中曬穀場地表如波浪狀的起伏，大廳拱起，門前台階破裂，由於推擠作用造成木製門框斷裂，磚牆破壞，倉庫地面破裂、籬笆錯動（圖 2-13），是潛移破裂現象最活躍的地區。由 74 號北方圳溝發現除了護坡的漿砌卵石牆面破裂外（圖 2-14），地表水泥的受擠壓拱起，破裂面經過的塑膠水管嚴重扭曲、破裂（圖 2-14），均反應出池上斷層的活動性。在此設的小型三角測量網量測期間內每年都有 1 到 2 公分的縮短量。整體而言，該小型測網在六年內（1988-1994）有 11.4 公分的位移，平均每年有 1.9 公分的錯移量（Angelier *et al.*, 1997）。由這三個測量網在近十年內縮短之方位及位移量與台東縱谷斷層相若，池上斷層目前仍十分活動。

我們比較位移量與大地測量分析的資料（1983-1988 年，縱谷斷層每年水平位移約 2.0 公分），發現不同比例尺研究觀測法分析的結果，大體上相當吻合，表示縱谷間變形活動集中於此狹長活動斷層，而且活動一直持續，潛移速率也相當穩定。實地測量地表破裂，發現花東縱谷活動斷層在池上鄉大坡至錦園一帶，有非地震潛移活動；位移方

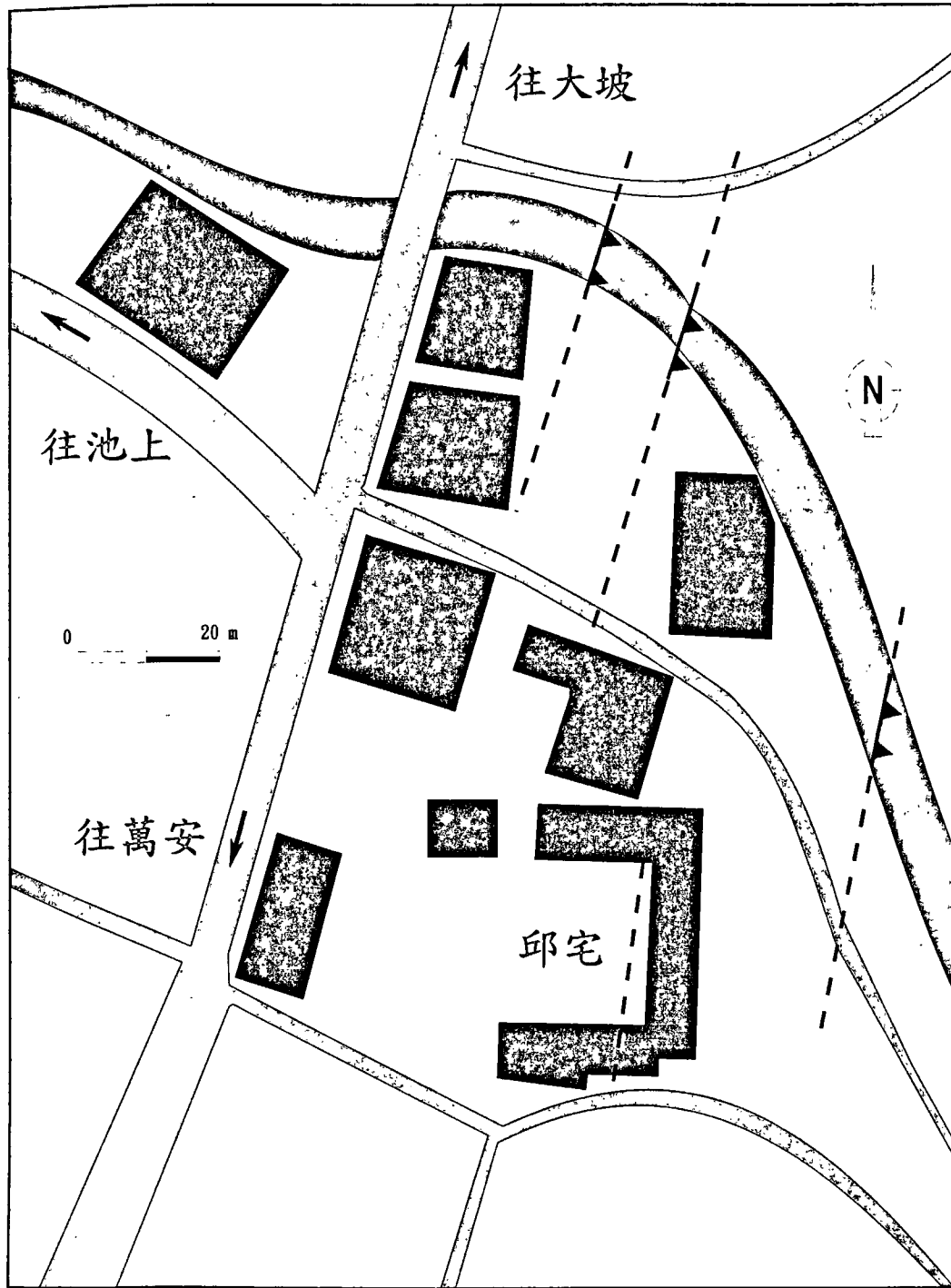


圖2-12、錦園地區地上建築物發生非地震地表破裂現象。
(修改自朱傲祖與游明聖，1997)

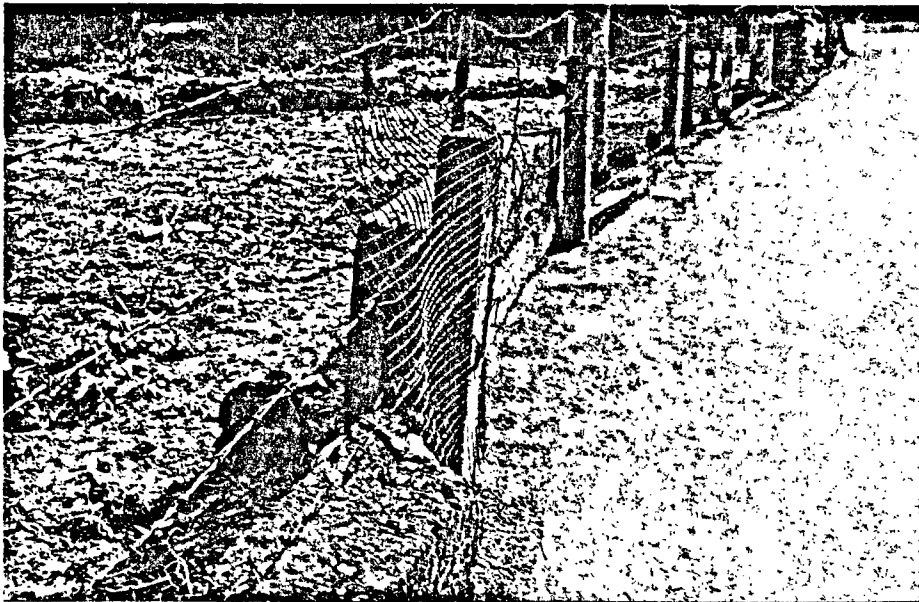
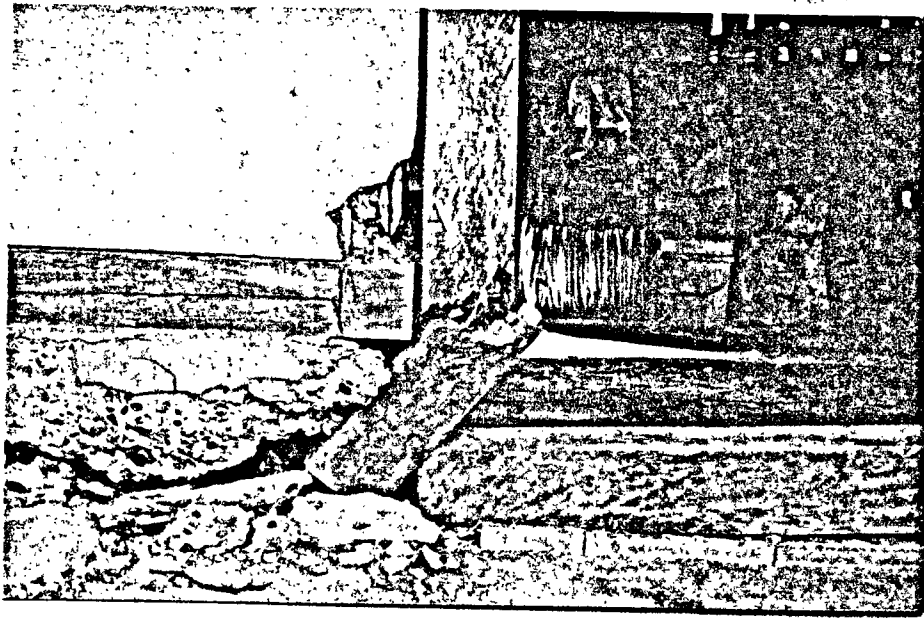


圖2-13、新開園 76 號與 74 號是潛移現象最活躍的地區。
可以發現房屋傾斜、門檻扭曲、三合院中曬穀場地
表如波浪狀的起伏，大廳拱起，門前台階破裂，由
於推擠作用造成木製門框可斷裂，磚牆破壞，倉庫
地面破裂、籬笆錯動。

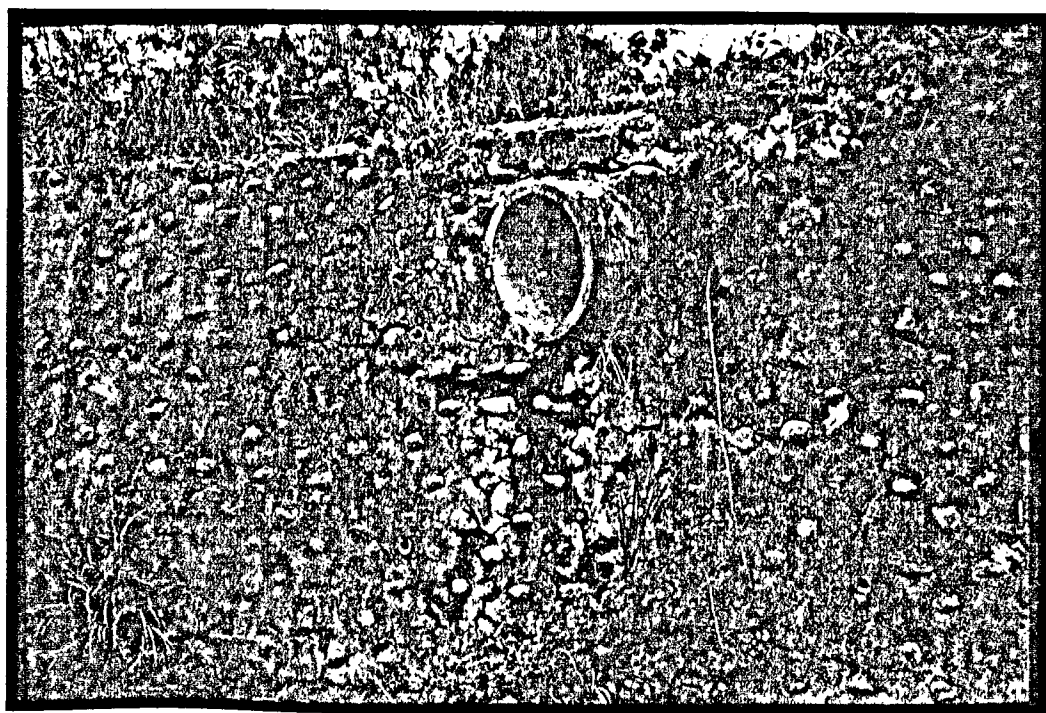
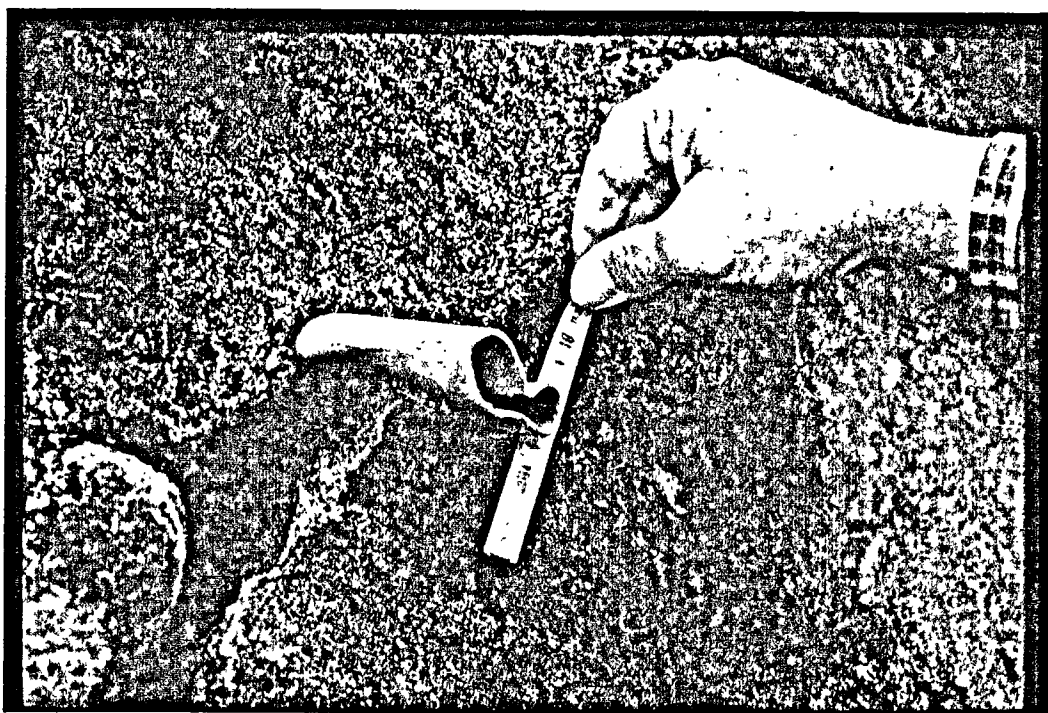


圖2-14、錦園地區北方圳溝發現除了護坡的漿砌卵石牆面破裂外，地表水泥的受擠壓拱起，破裂面經過的塑膠水管嚴重扭曲、破裂，均反應出斷層的活動性。

位顯示此活動斷層為逆衝擠壓斷層，並有左移分量，位移速率平均每年 2-3 公分。從板塊聚合速率(每年約 7 公分)來看，此活動斷層帶寬十數公尺，約吸收菲律賓海板塊與歐亞大陸板塊聚合量的 30%至 40%。

第五節 現地應變記錄器

從過去幾年的研究來看，台灣東部池上斷層是個相當罕見的活斷層範例，在野外露頭上，不但可以明顯觀測到斷層活動的定性證據，同時在大地測量定量的分析上，也表現有明顯的活動滑移量。因此池上斷層提供了一個極佳的素材來瞭解板塊縫合帶斷層的活動情形、活動特性及斷層之演化。在過去十年來的研究顯示，池上活斷層每年有持續性 2~3 公分的位移量。以往的測量研究多半是每年一次，只能得到年位移平均量。然而此活斷層之活動性究竟在時間軸上有否微變化量(如季節、微震等因素所造成)，必須以更精密之量測，如現地應變記錄器，予以詳細之量度，如每星期記錄數次，來了解活斷層之活動性質。

中央研究院地球科學研究所等單位(1999)在池上附近活斷層地區裝置了現地應變記錄器圖(圖 2-15)。根據過去研究的活斷層分佈及活動性質，分別在大坡國小裝置了兩部、錦園村裝置了三部應變記錄器。裝置完成後，即每一至二天記錄一次現地累積應變量。從半年來(1998 年 8 月至今)的記錄來看，可得到以下初步結果：(1)大坡國小的兩部應變記錄器，半年來記錄了約 11 公厘的縮短量；(2)錦園村的三部應變記錄器，半年來記錄了約 3.5 公厘的縮短量；(3)整體來看，從 1998 年 8 月到 10 月，斷層的活動雖有起伏，但有明顯持續活動的趨勢，而從 1998 年 11 月開始，斷層的活動有減緩乃至於停滯的趨勢；(4)錦園村的記錄相對於大坡國小，地殼應變或斷層活動的上下起伏較大(圖 2-16)。

在過去半年來，大坡國小的活斷層以每年 22 公厘的縮短速率持續