

員林鎮土壤液化現狀調查成果及初步研判

蘇鼎鈞 姜凱文 林向榮 王復國 段紹緯

亞新工程顧問股份有限公司

摘要

民國88年9月21日凌晨1:47分發生的集集大地震，地震規模高達7.3，造成2300多人因而喪生，災情極為慘重。其中彰化縣的員林地區發生土壤液化現象，道路及建築物沉陷傾斜情形嚴重。

本文為彰化縣員林鎮現地踏勘及訪談里村長和居民之土壤液化現狀調查成果，除將地表有明顯液化表徵及道路建物有明顯因土壤液化發生沉陷傾斜者予以拍照記錄外，並依現狀調查結果，將其位置或範圍標示於圖上。惟若地表如果沒有明顯表徵，並不表示深層土壤沒有液化情形之發生，實際土壤發生液化可能分佈範圍，則仍宜經由現場鑽探、試驗，以及液化評估分析比對後，方可獲得較可靠的結果。

本文中有關土壤液化災情之記錄，將供後續進一步利用地質調查結果，進行液化評估及分析比對時之參考資料，以建立本地區之液化潛能分區。

關鍵字：液化。

FIELD RECONNAISSANCE AND PRELIMINARY ASSESSMENT OF LIQUEFACTION IN YUAN-LIN AREA

SU TING-CHIUN CHIANG KAI-WEN LIN SHIANG-JUNG

WANG FUH-GWO DUANN SHAW-WEI

Moh And Associates, Inc.

ABSTRACT

The Chichi earthquake, with a magnitude of (Richter Scale) 7.3, struck central Taiwan in the early morning of 21 September, 1999 at 1:47 am, and caused wide damage not only in the central region but as far as the whole Taiwan island. More than 2,300 people died in this big disaster. The Yuan-Lin area in ChangHua County suffered extensive damage including settlement and inclination of buildings and roads due to

liquefaction.

This article presents the results of field reconnaissance of the liquefaction affliction. Several locations, including obvious phenomenon of sand boils on the ground and inclination or settlement of the roads and buildings due to liquefaction were photographed and marked on the map. Nonetheless, without obvious sand boils on the ground do not mean that there is no liquefaction happened underground. In order to determine possible areas where liquefaction could take place, extensive evaluation must be undertaken.

The records of liquefaction affliction presented in this article will provide correlative information for further assessment and analyses of the liquefaction problem, and thus to assist in determining liquefaction potential in the entire Yuan-Lin area.

KEY WORDS : liquefaction.

一、前言

民國88年9月21日凌晨1：47分發生之集集大地震，其震央位於北緯23.85度，東經120.81度，即在於日月潭西偏南12.5公里，地震規模高達7.3，而根據中央氣象局設置於南投縣魚池鄉水社村中山路站碼TCU084之日月潭測站量測結果，東西向之水平地表加速989gal，造成2300多人因而喪生，約18000棟房屋全倒或半倒，災情極為慘重。

地震當時，台灣中部有許多地方發生土壤液化之現象，以致建築物及道路地基沉陷情形嚴重。有報導者包括南投軍功里、台中霧峰和彰化員林、大村、社頭等地，其中又以彰化縣員林地區最為嚴重，根據當地報紙大標題報導：“土壤液化威脅員林逾1/5地區”，小標題則加註：“最嚴重的崙雅里95%以上房屋沉陷劉兆玄指示確定受災範圍會商解決”。

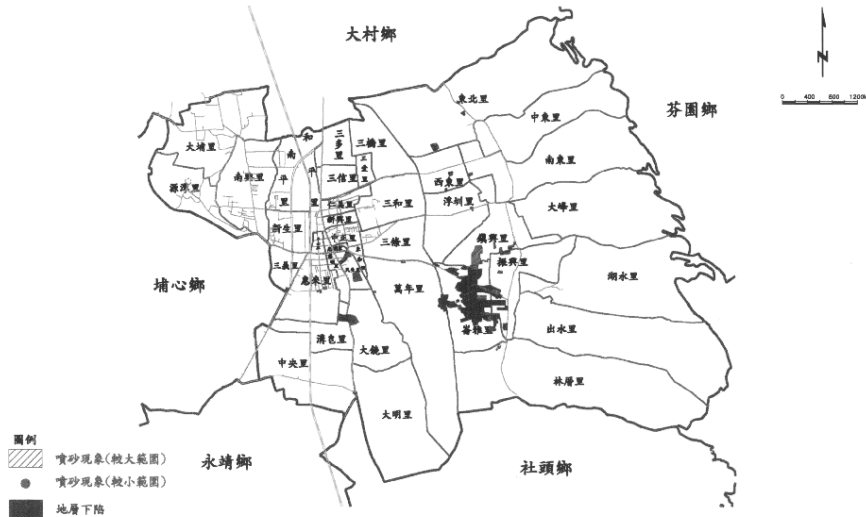
有關員林鎮之土壤液化鑽探調查、分析及研究工作目前正持續進行中，而本文僅係筆者等在現場踏勘時之紀實報告，茲彙整液化現況說明及照片供地工界參考。

二、液化現況

根據筆者等在彰化縣員林鎮實際之踏勘結果發現，土壤液化在當地引致之現象包括有下列情形：

- (1)地表噴砂
- (2)地層下陷
- (3)建築物沉陷
- (4)建築物傾斜
- (5)溝渠等構造物水平側移

透過員林鎮公所之協助，瞭解員林鎮共有39個行政里，經由電話詢問以及里長之主動查報，顯示39個行政里中有17個行政里發現地層下陷之現象，而有明顯噴砂情形者則有8個行政里，然其中仍可能有因災情不大致隱而未報者。惟經進一步之實地踏勘結果發現，液化之區域並不宜以行政里來加以劃分，除崙雅里係屬大區域之液化外，其餘行政里之液化僅局限在某一特定區域，有關現場土壤液化現狀調查結果詳表一所示，表中對各勘查地點的液化現狀均加以描述，並且分別拍照記錄，以資佐證。液化現狀勘查地點的位置或範圍，如圖一所示。各勘查地點的照片，可依表一中所註編號來檢視。



圖一 員林鎮液化現狀勘查地點

表一 員林鎮土壤液化現狀勘查概況一覽表 (1/2)

編號	描述(噴砂、液化、沉陷情形)	建物沉陷量(cm)	基礎型式	照片編號
中山里-1	9樓建物些微傾斜沉陷，二樓房屋地坪破裂，傾斜沉陷。	1~3	9樓建物：筏基 2樓平房：基腳	
溝皂里-1	大部份為2~4樓磚造結構物，部份1樓平房已傾倒拆除；路面龜裂沉陷約1~7公分，房屋傾斜沉陷。	5~7	獨立基腳	案例1
民生里-1	2樓磚造結構物傾斜沉陷，地坪隆起破裂，地面下陷約5~8公分。	5	獨立基腳	
民生里-2	5樓RC結構物傾斜沉陷，屋側有噴砂現象。	10~15	獨立基腳	
民生里-3	房屋傾斜沉陷，有噴砂現象。	5~20	獨立基腳	
民生里-4	房屋嚴重沉陷傾斜，水溝噴砂阻塞嚴重，且道路有破碎傾斜。	5~40	大部份為獨立基腳，部份為筏基	案例2
東和里-1	5樓RC結構物傾斜沉陷，水溝噴砂淤積，路面龜裂。	10~15	獨立基腳	
東和里-2	3樓RC結構物沉陷，牆柱斷裂；地面龜裂沉陷約15~20公分。	3~5	獨立基腳	
東和里-3	4樓RC結構傾斜沉陷，大門前有噴砂現象。	3~5	獨立基腳	
惠來里-1	房屋左側沉陷傾斜約3度，使用鋼骨支撐(鋼骨接點用點焊固定)。	5~15	獨立基腳	
惠來里-2	1. 地下室有五孔噴砂，噴出為灰色細砂，其中一孔噴砂高度約為3公尺高。 2. 西側走廊有兩孔噴砂，噴出為灰色細砂。 3. 東側排水溝積砂嚴重。	10	筏基	案例3
惠來里-3	8樓RC結構物傾斜沉陷；地面龜裂沉陷約5~8公分，房屋與地面交接處有噴砂。	5~13	筏基 (地下室2層)	案例4
大饒里-1	馬路中央有四孔噴砂現象，噴出為灰色細砂，周邊房屋傾斜下陷。沿水溝邊民房下陷龜裂並往溝邊有側滑傾向造成溝底隆起，溝寬縮減；路面龜裂下陷約5~20公分。	20	大部份為獨立基腳，部份為筏基	
大饒里-2	馬路中央有一孔噴砂現象，噴出為灰色細砂，且房屋傾斜約3度。	5~15	獨立基腳	案例5
大饒里-3	房屋傾斜約3度，有噴砂現象，噴出為灰色細砂。	10~20	獨立基腳	
大饒里-4	房屋樑柱損毀。	5~15	獨立基腳	
大饒里-5	巷道路面龜裂，部份塌倒房屋已拆除；2樓RC結構物傾斜沉陷。	15~20	獨立基腳	

表一 員林鎮土壤液化現狀勘查概況一覽表 (2/2)

編號	描述(噴砂、液化、沉陷情形)	建物沉陷量 (cm)	基礎 型式	照片 編號
萬年里-1	路口圍牆旁有噴砂現象，噴出為灰色細砂。	5~10	獨立基腳	
萬年里-2	9樓結構物，沉陷約10公分，傾斜約1度，地下室牆壁有出水夾帶一點點砂。	10	筏基	
萬年里-3	建物傾斜、下沉。	5~20	獨立基腳	案例6
崙雅里-1	原為田地，有噴砂現象，現今整排嚴重傾斜沉陷，傾斜角度約為3度。	40~60	獨立基腳	案例7
崙雅里-2	有噴砂現象，噴出為灰色細砂，現今房屋嚴重下陷，地坪龜裂。	5~30	獨立基腳	案例8
崙雅里-3	磚造房屋嚴重下陷，巷道龜裂、擠壓變形。	10~20	獨立基腳	
崙雅里-4	房屋外牆兩旁下陷約30公分，後方菜園有噴砂現象，噴出為灰色細砂。	—	—	
崙雅里-5	裂隙噴砂，深度約70cm，牆邊農田有噴砂現象。	—	—	
崙雅里-6	地坪嚴重龜裂，裂隙噴砂。	—	—	案例9
崙雅里-7	此區均為磚造1~3樓結構，房屋嚴重傾斜下陷，後方古井噴砂下陷。巷道、地坪及房屋龜裂。地面沉陷。	5~35	獨立基腳	
崙雅里-8	此區均為磚造房屋屋內及後方古井噴砂。水溝嚴重淤塞。	5~10	獨立基腳	案例10
崙雅里-9	廠房內外地坪嚴重破裂，裂縫處大量噴砂。	—	—	案例11
振興里-1	1.四合院場地有多處柏油裂隙，噴出棕色細砂。房屋傾倒、地坪嚴重龜裂。 2.周圍臨近約100公尺處皆有噴砂現象。	10~20	獨立基腳	
振興里-2	1.在旁空地上有多孔噴砂現象，噴出為棕色細砂。 2.在入口處有三孔噴砂，噴出為棕色細砂。	—	—	
林厝里-1	地坪龜裂，噴一點點砂。	1~5	獨立基腳	
鎮興里-1	牆角近馬路處有噴砂現象，噴出棕色細砂。	—	—	
鎮興里-2	馬路旁田地有噴砂現象近10處，噴出為灰色細砂。	—	—	案例12
鎮興里-3	田地道路周邊噴砂近10處。	—	—	案例13
浮圳里-1	2樓磚造結構物，房屋沉陷，屋前空地有一點點噴砂。	10	獨立基腳	
浮圳里-2	4樓加強磚造，房屋傾斜。	1~3	獨立基腳	
浮圳里-3	3樓磚造房屋傾斜，後院地坪破裂，沉陷約3~8公分。	3	獨立基腳	
南東里-1	鐵皮屋工廠，地坪嚴重龜裂，地面沉陷約5~10公分。	—	—	
南東里-2	鐵皮屋工廠，空地有噴砂現象。	—	—	
西東里-1	廟廣場前約6處噴砂，噴出灰色細砂，廣場空地龜裂，地面沉陷約5~8公分，結構無明顯沉陷。	—	—	
西東里-2	3樓磚造房屋些微沉陷，另棟4樓磚造樓房傾斜下陷；巷尾空地有噴砂現象，巷內道路龜裂沉陷約5~20公分。	20	獨立基腳	
西東里-3	3樓磚造房屋嚴重沉陷，其餘2棟3樓磚造樓房傾斜下陷，道路龜裂沉陷約5~20公分。	25~45	獨立基腳	案例14
西東里-4	3樓磚造房屋傾斜沉陷，道路龜裂沉陷約5~10公分。	5~10	獨立基腳	
西東里-5	4樓加強磚造結構傾斜沉陷，道路龜裂沉陷約3~5公分。	20	獨立基腳	
西東里-6	4/3樓磚造結構(有地梁)傾斜沉陷，屋內地坪破裂，水溝擠壓變形，圍牆傾倒。圍牆旁農田有噴砂現象。	15	獨立基腳	
東北里-1	擋土牆側移路面下沉約10cm。	—	—	
東北里-2	2F整座下沉約20cm，傾斜約2度，基礎下方為黃棕色粘土，用鋼骨支撐。	20	獨立基腳	
東北里-3	土質軟弱沉陷，已拆毀。	—	—	
新生里-1	12樓RC結構物傾斜約2度，鄰近地面沉陷約8~13公分	15	筏基	

三、調查結果

本次現狀調查之進行主要根據筆者等現地踏勘和訪談里長及居民。現狀調查時若發現地表有噴砂噴水、道路嚴重變形、建物嚴重傾斜或者位移等情形，則較容易研判土壤是否發生液化，一般來說，除磚造、土牆或缺少地梁者，結構容易受損外，建物雖發生嚴重傾斜或位移，結構上的損壞，常不若功能上的影響來的明顯。不過地表若沒有明顯表徵，並不表示深層土壤沒有液化情形之發生，員林地區有相當多的房屋有相當大的沉陷，其中不少是因為深層土壤液化而失去部份承載力，對於沉陷量較小或較不易研判者，則將有深入評估探究的需要。因此在現狀踏勘時，儘可能將有明顯液化表徵者，以及現地研判是因土壤液化造成明顯沉陷者，予以訪查記錄並拍照，且避免遺漏。至於實際土壤發生液化可能分佈範圍，仍宜經由現場鑽探、試驗，以及液化評估分析比對後，方可獲得較可靠的結果。

本次調查結果是以地點(即每處)來表示，原因是有些地區液化情形嚴重，無論房舍、道路、農田整片地區皆有明顯液化情形，例如崙雅里屬於此種情形；而有些地區或者因地質變化關係，或者屬於深層而非淺層的液化，液化表徵則較不明顯。根據液化現狀調查結果，員林鎮39個行政里中，顯示有明顯液化表徵及道路建物有明顯因土壤液化發生沉陷傾斜者，計有中山里、溝皂里、民生里、東和里、惠來里、大饒里、萬年里、振興里、林厝里、鎮興里、浮圳里、南東里、西東里、東北里和新生里等16個行政里，共計50餘處地點，

而其中又以崙雅里、振興里、鎮興里、大饒里、民生里和惠來里之液化情形較為嚴重。

四、初步研判

根據現地調查結果亦顯示，除地層分佈、土壤物理和力學性質、地下水位、地震強度與特性對液化情形造成影響外，不同的建築物由於其位置、基礎型式與深度的不同，對液化程度的敏感性與受影響程度亦有所不同。茲將初步之調查結果及討論整理如下：

(1) 疏鬆砂性土層分佈較淺，且地下水位高者，較易發生淺層土壤液化後的噴砂現象。

(2) 噴砂位置較易出現在土層弱面和土層與結構物接續不佳之界面位置，如水溝側、水溝裂隙、水井、基礎外緣、道路裂隙、果園等地。

(3) 採用淺基礎(不含筏式基礎)，遇到淺層土壤發生液化時，由於基礎荷重集中，造成明顯差異沉陷，室內地坪常呈相對拱起現象，亦有地坪受液化後水壓頂昇之情形，若地坪薄弱，則可能會發生屋內噴砂情形。

(4) 土造、磚造和缺少強固地梁之建物，較易因噴砂或沉陷不均而發生結構受損情形。基礎結構較佳者，其結構安全所受影響則明顯降低，而是如建物沉陷傾斜和維生管線斷裂等使用功能上的影響。

(5) 筏式基礎一般基礎較深，再加上施工後擋土結構拔除時未予緊密填充或灌漿，即使液化土層位置較深，亦較容易發生沿基礎側緣噴砂情形，及導致建物沉陷和傾斜現象。

(6) 同一棟建物採用不同基礎型式，

如採用部份筏基、部份簡單基腳者，土壤液化時，亦較容易發生傾斜情形。

(7) 淺基礎建物若建物形狀長寬比較大，即建物較為瘦長者，土壤液化時，其主要傾斜方向多發生在建物較短的方向，同時，樓層數高者，建物重心較高，差異沉陷亦多較明顯。

(8) 建物荷重分佈不均勻者，土壤液化時，亦較易發生沉陷不均和傾斜現象，例如沉陷量會受到騎樓、水箱、地下室挑出位置等的影響。

(9) 現地勘查亦發現，若附近地區有發生噴砂情形時，鄰近建物容易朝向噴砂方向產生不均勻沉陷。結構不相連的兩棟建物，間距很小時，尤其是兩棟建物高度不同者，容易因擠壓造成建物傾斜或位移。

(10) 附近有擋土牆者，對位於擋土牆上方的建物，亦易因地震時地下水壓上升，擋土牆因主動土壓增加而位移，造成建物沉陷及傾斜。

五、結論與建議

本文為彰化縣員林鎮現地踏勘及訪談里村長和居民之土壤液化現狀調查成果。惟若地表如果沒有明顯表徵，並不表

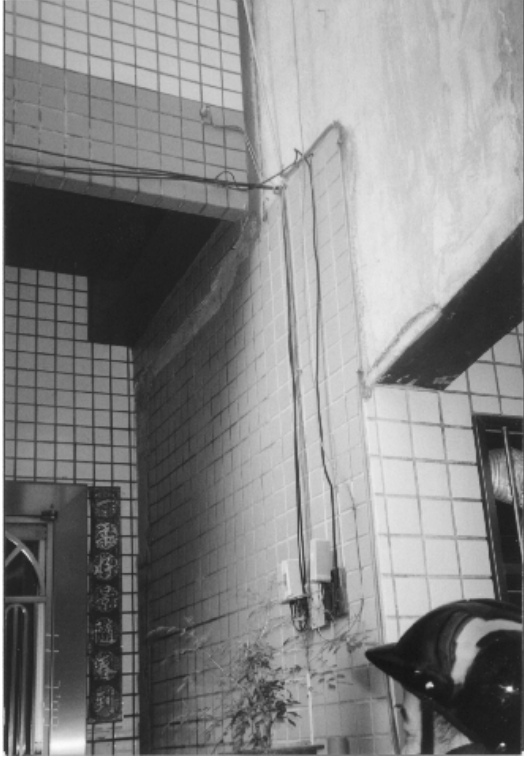
示深層土壤沒有液化情形之發生，實際土壤發生液化可能分佈範圍，仍宜經由現場鑽探、試驗，以及液化評估分析比對後，方可獲得較可靠的結果。液化現狀調查，是愈早進行愈佳，若等現場已經被清除，以致無跡可尋時，僅靠查詢，將倍增困難。

根據現地調查結果顯示，除地層分佈、土壤物理和力學性質、地下水位、地震強度與特性對液化情形有影響外，不同的建築物由於其位置、基礎型式與深度的不同，對液化程度的敏感性與受影響程度亦有所不同。

文中有關土壤液化災情之記錄，將供後續進一步利用地質調查結果，進行液化評估及分析比對時之參考資料，以建立本地區之液化潛能分區。

六、誌謝

有關員林鎮土壤液化調查工作係由行政院國家科學委員會委託亞新工程顧問股份有限公司辦理，本文撰寫期間，承蒙亞新工程顧問股份有限公司莫若楫總經理之鼓勵，以及黃南輝博士、王劍虹經理提供卓見和協助，特此一併申謝。



案例1 相片右方鄰房嚴重傾斜沉陷，原先相接處已分離



案例2-1 屋前空地積滿噴出的砂及積水



案例2-2 自來水孔中積滿砂，本區之水溝均被噴砂塞滿



案例3 國富鎮集合住宅地下室噴砂後留在牆上之痕跡



案例4 8樓RC建物傾斜沉陷，地面龜裂沉陷，屋角處有噴砂現象



案例6 鋪面龜裂嚴重，兩側建物傾斜沉陷，路面已重鋪復建，但仍可鋪面兩側與建物交接處看出沉陷之痕跡



案例7-1 房屋嚴重下陷，造成圍牆及白鐵窗扯壞坍塌



案例5 員集路二段492巷鋪面龜裂下陷，路側房屋傾斜沉陷，裂縫處有噴砂



案例7-2 4樓建物與3樓建物均發生傾斜沉陷，目前暫以型鋼加強支撐保護



案例8 屋內地坪嚴重隆起破壞，房屋傾斜沉陷約30公分



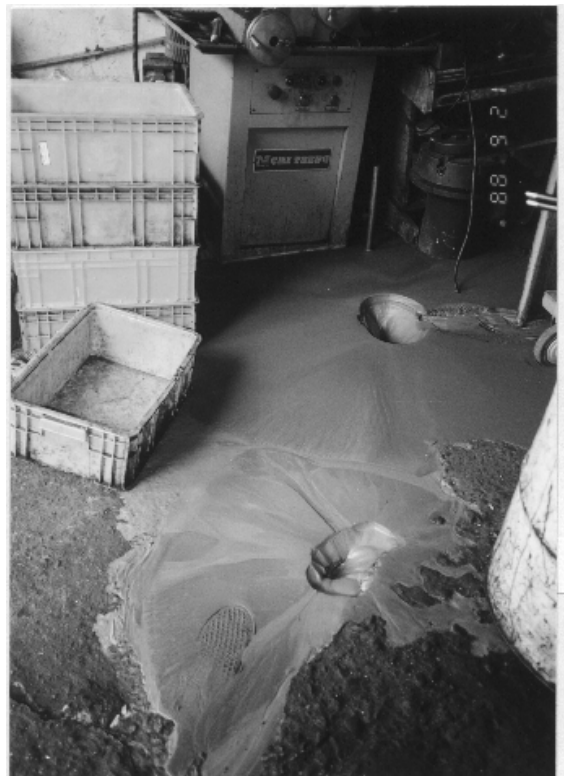
案例10-2 屋後古井大量噴砂，細砂並將四週水溝阻塞



案例9 地坪嚴重龜裂下陷，到處有因噴砂所產生之小砂丘



案例10-1 三合院屋內噴砂嚴重，灰黑色細砂堆積高度約一公尺



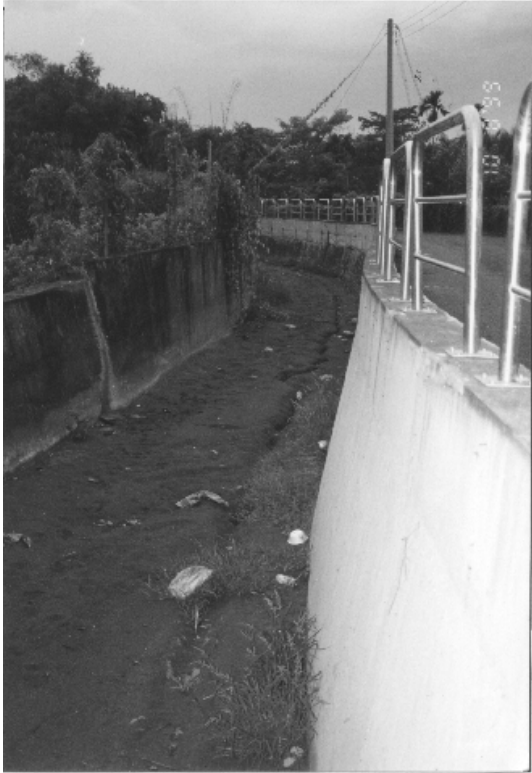
案例11-1 廠房內噴砂嚴重，噴出灰色細砂，結束後所遺留之完整噴砂孔



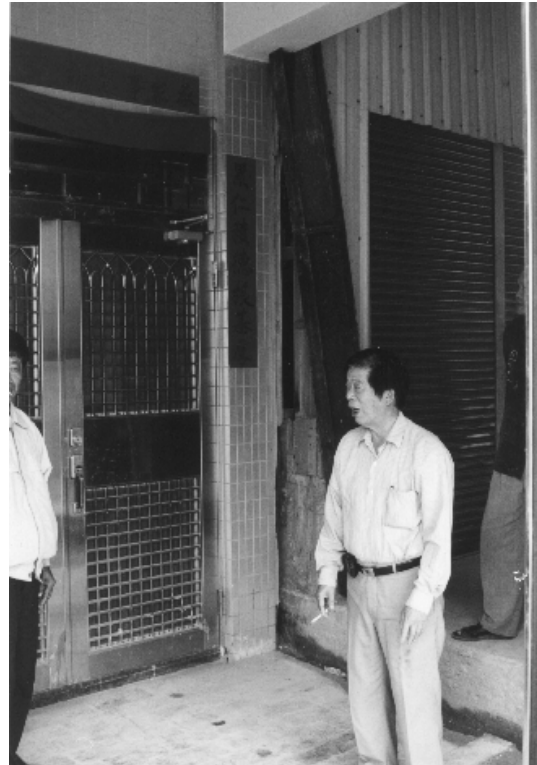
案例11-2 空地因土壤液化失去承載力，致使貨櫃之支撐貫入土中



案例13 果園內四處佈滿灰色細砂，所造成的小砂丘及隨水四處流動的砂層



案例12 路旁排水渠道底部積滿噴出的砂



案例14 199/201號為3樓磚造房屋嚴重沉陷約45公分，其餘2棟3樓磚造樓房傾斜下陷