

土壤液化防治工法及實例

蘇鼎鈞、周忠仁、莊孟翰
亞新工程顧問股份有限公司

摘要

921地震之災情迄今仍叫人怵目驚心，而其所引致之液化災害，更是台灣自有文獻記載以來最為嚴重者，本文將整理民國88年9月21日集集大地震時，台灣全省各地曾被報導過之液化地點和液化現象，並探討大面積之新生地區和建物集中之都會區等兩種不同開發行為之處理對策，最後再介紹員林液化區傾斜建物處理之實際案例，期提供工程界以為後續類似工程案例之參考。

關鍵字：921地震、液化、地盤改良、建物扶正

一、前言

在台灣歷史記載中，曾因地震而發生液化之現象者，自1904年至1964年間，共約有12次之多(吳偉特,1979)，其實液化問題在國內學術界或工程界一直不曾被忽略，然而在921集集大地震後，更明顯地受到重視且廣泛的討論，包括液化之現象、成因、評估方法、影響因素、以及公式適用性之檢討和本土化之液化分析方法等，不同之學者專家從不同之角度切入，而提出許多值得工程界參考之研究報告和論文著作，為台灣大地工程注入一股新血。

在廣泛瞭解和檢討液化之原因及分析方法外，另一方面值得工程界注意的是，面對未來仍有可能發生之液化問題，液化災害應如何加以防治？而對已發生液化而造成結構受損之結構體又應如何處置？更是目前工程界所關心者。

二、921地震發生土壤液化之地區和現象

由土壤液化的成因來看，具有下列條件者，有較高之液化潛能(蘇鼎鈞等人，2000)：

1. 地下水位較高者，
2. 土壤中主要為飽和之疏鬆細砂或粉土質砂，且分布深度較淺者，
3. 地震規模較大、地表加速度較大、地震強度放大效應較強者。

921地震當時，台灣全省各地有許多地方發生液化現象，經整理發生液化之地點主要集中在下列地區：

1. 河流兩岸之沖積平原(高灘地)，例如貓羅溪沿岸堤防。
2. 舊沖積河道區域，例如員林鎮崙雅里。
3. 抽砂回填之新生地，例如彰濱工業區部分回填地。
4. 港灣碼頭後線之回填區，例如台中港區1~4號碼頭。
5. 排水溝渠、池塘、湖泊周邊，例如員林鎮崙雅里。

另根據筆者等實際之踏勘發現及匯整其他學者專家之文獻結果(林呈，2000)顯示，921地震所引致之液化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. 擋土設施破壞。
6. 側向擴展(Lateral Spreading)。
7. 流潰(Flow Failure)。
8. 地下埋設構造物上浮。

有關液化引致之災情照片詳照片2.1~2.6，而陸續曾被報導之液化地點，自南而北計有：

1. 嘉義縣：水上鄉八掌溪赤蘭溪橋下游附近(嘉義地震引致)。
2. 雲林縣：包括(1)麥寮鄉六輕工業區；(2)斗南鎮雲林教養院；(3)斗六市重光橋附近和(4)古坑鄉山峰國小等。
3. 南投縣：包括(1)名5. 間鄉中二高C336標、C337標；(2)中寮鄉中山橋河岸和中寮開閉所；(3)草屯鎮富寮里、隘寮溪沿岸堤防附近；(4)集集鎮環山街；(5)鹿港鄉仁愛路和(6)埔里鎮民富一街等。
4. 南投市：包括軍功里、振興里、軍功橋、綠美橋及貓羅溪沿岸堤防。
5. 彰化縣：包括(1)員林鎮崙雅里等；(2)大村鄉；(3)社頭鄉山湖村等；(4)鹿港鎮彰濱工業區和(5)伸港鄉大肚溪河口堤防及高灘地等。
6. 台中縣：包括(1)台中港區1~4號碼頭；(2)烏日鄉新溪南橋右岸高灘地；(3)霧峰鄉中正路市區、太子城堡、省諮議會高爾夫球場周邊、太安醫院、萊園溪南岸、光復新村附近；(4)太平市一江橋左岸上游側高灘地、光明路、光興路530~556巷和(5)大里市大里橋兩岸高灘地、大衛橋左岸高灘地、福田大橋左岸高灘地等。

7. 苗栗縣：通宵內湖里。

三、液化防治工法概述及比較

土壤液化係指於飽和且疏鬆之砂層中，如承受地震等反覆載重之作用時，很可能產生超額孔隙水壓而造成液化現象，進而產生噴砂、結構物傾斜或倒塌等災害。因此為降低液化之機率，除可用結構行為加以克服外，亦可針對疏鬆之砂性土壤，進行物性或化性之地質改良，以提高土壤之有效應力、增加緊密程度、提高內摩擦角及承载力等。以下茲分別概述大面積之新生地區及建物集中之都會區等兩種不同開發情形之液化處理對策。

1. 大面積新生地區之液化防治工法

目前台灣地區在大區域諸如海埔新生地等，用以降低土壤液化潛能的地質改良方法很多，常用者包括擠壓砂樁法(Sand Compaction Pile)、動力夯實工法(Dynamic Compaction)、震動揚實工法(Vibroflotation)及礫石樁工法(Stone Columns)等，而炸震夯實法(Blasting)在國內則仍屬試驗階段，茲將各工法分別概述如后。

(1) 擠壓砂樁工法

擠壓砂樁工法於1958年首由日本人Murayama所發明，而在上述諸多地質改良方法中，以擠壓砂樁工法在國內所使用之經驗最為豐富，其中較具代表性之案例有：高雄興達火力發電廠、中國鋼鐵公司、大林電廠、過港隧道、中油大林埔、高雄台肥廠、台中火力發電廠及永安液化天然氣(LNG)地下儲槽等基地之地盤改良等。

打設擠壓砂樁之方法，一般有衝擊式及振動式兩種，目前國內以採振動式為主，其施工是利用振動器及高壓空氣之輔助，將中空鋼管(一般為40公分直徑)貫入地層中，由振動排擠效果使鋼管周圍土壤擠壓密實，在鋼管拔出時，以空氣壓力等方法，將回填料壓入鋼管底端進入孔底，藉鋼管的上下反覆拉拔及振動，將砂料擠壓並夯實成一直徑約60cm~70cm的密實砂柱體，除可形成良好之排水路徑外，同時也使周圍砂性土壤趨於緊密，達成改良效果，其施工示意圖詳圖3.1。

(2) 動力夯實工法

動力夯實是1970年代由法國Menard技術公司所研發，本工法係使用吊車或吊架將一重塊吊至高處，再讓重塊自由落下，錘擊於欲改善的地盤面上，使地層受到高能量的撞擊壓實而改善土層的工程性質。對砂性土壤而言，當其一再受到高能量之衝擊後，不飽和土壤內之氣體首先被排出，飽和土壤則逐

漸產生高孔隙水壓，使其砂質土壤達到液化現象，而後高孔隙水壓消散使土層變為更緊密。

諸如粘性土壤、非粘性土壤、岩石回填地層、海床下土壤、抽砂回填的海埔新生地、河口沖積三角洲及垃圾掩埋場的回填地等，都有使用動力夯實改良成功的工程案例。本工法於1993年底國內首次於雲林麥寮台塑重工廠房基地地質改良工程中採用，詳照片3.1，施工實績尚有台南市城西里垃圾焚化廠基地地質改良工作。

本工法主要之施工機具及設備為吊車或吊架及重塊，吊車或重塊之選擇視所需之錘擊能量而定，其影響因素包括重塊重量、吊高及吊車伸展臂長等。重塊重量一般以不超過吊車安全工作載重之80%為主，重塊吊升高度一般約為10~40公尺。重塊使用材料的強度須能承受錘擊產生的應力，一般係採用鋼筋混凝土塊、鐵塊及填有混凝土或砂之厚鋼殼塊，其形狀可為球體、圓柱體或立方體等之斷面積，須視其重量、材質及欲處理區域地表之承载力而定，重塊之重量一般為5~40公噸。動力夯實施工時，重塊撞擊地面產生噪音及震動，必要時須挖掘槽溝，將震動產生之表面波隔離，以減輕震波引起鄰近結構物之損害。

(3) 礫石樁工法

本工法可分為濕式和乾式兩種施工方式，其中濕式係藉由水沖並配合揚實錐震動打設樁孔，並利用水流維持孔壁之穩定，再將礫石料投入填實至預定深度以形成樁體；乾式則係利用油壓方式並配合揚實錐壓入地層以形成樁孔，再將礫石料投入至揚實錐底部，藉由反覆擠壓以形成樁體。完成之礫石樁，兼具夯實土壤與地震時排水功能的，可使原土孔隙比降低，增加緊密程度，並可提供垂直排水通道，縮短排水路徑。本工法於台灣早期使用案例為1980年代高雄林園之中美和化工廠，中斷10餘年後，在1990年代於台塑六輕工業區再度施作。

(4) 振動揚實工法

本工法係利用一個揚實錐(Vibroflot)，在土層中藉著揚實錐前端的高壓水柱與其水平振動，使得距離揚實錐壁30~50公分之土壤產生液化，並藉著揚實錐之自重向下沉，直至預定改良之深度，此後須由孔口不斷以砂或礫石為填充料填充，同時並用揚實錐將填充料逐步振實，直達地表面為止。改良之深度已可達20公尺至30公尺，但振實效果以位於地下水位以下，細粒料含量小於20%之乾淨砂土最為有效。

本工法後來發展成使用壓縮空氣來輔助振動之貫入錐貫

入土中，一般稱之為乾式振動置換法(Vibro-Displacement (Dry))，簡稱為乾式工法，其較無因水源或排水所可能造成之環保問題，惟通常較適用於低地下水位，細料含量較高的地層。一般而言，乾式工法使用之貫入錐到達預定深度後，即自孔中取出後然後再將回填料自地面卸入孔中。其施工示意圖詳圖3.2。

(5) 炸震夯實(Blasting)工法

本工法廣泛使用於日本、歐洲及北美地區已有50年歷史(張吉佐等人,2002)，其藉由炸藥引爆產生高壓震波，使飽和疏鬆砂層孔隙水壓上升，發生液化，而後高孔隙水壓消散使土層變為更緊密。炸震夯實工法孔位以網格狀配置，先在預定位置上以鑽孔機鑽孔，再將炸藥埋置於預定深度進行引爆。本工法應用深度已可達30公尺，但對於較淺層或深層較為緊密之土壤可能有反效果，因此在炸藥埋設深度時需謹慎考慮。

炸震夯實工法在孔位選定、埋設深度之設計及炸藥之用量上，皆須小心，且在炸藥之申請與炸藥之管理上並不容易，國內目前僅於2000年彰濱工業區進行現場試驗，如照片3.2及3.3，尚無完工實績，因此未來選用此工法時，建議仍須先進行現場試驗後再進行評估。

有關前述各項液化防治工法之優缺點詳表3.1所示。

2. 建物集中都會區之液化防治工法

前述大面積新生地區之液化防治工法，或因施工空間，或因施工噪音，或因施工振動等因素，並不適合於人口密集且建物集中之都會區，因此都會區之液化防治措施以結構物強化或對環境影響較小之地質改良工法為主要考慮，惟其選擇時應考慮處置需求(例如液化深度範圍)、建物構造或特殊性、建物重要性、地形狀況、地質條件、對四周環境(如噪音、振動、污染和地下水)影響、施工便易性和經濟性，以及過去施作經驗與成效等而定，而目前較為使用之工法簡述如后。

(1) 基礎採用基樁型式

結構物之基礎型式可採用樁基礎以克服液化問題，而其型式、樁長與樁徑等可依結構物荷重、重要性和可能受液化影響程度而異；一般而言，樁長應以穿過未液化土層並貫入承載層為宜，以免發生液化時，造成基樁承载力不足，而致建物發生傾斜。

(2) 地下室及擋土結構物加深

液化發生深度大都在地表下20公尺以內，因此為克服淺層液化問題，可考慮將基礎地下室加深至未液化地層，以增加土

層之支承力。由於基礎外側土壤仍屬可能發生液化之地層，故應配合加深擋土結構物之深度或打設限制土體位移之鋼板，期遮斷周遭土層孔隙水壓之傳播，並抑制土層之剪動變形，以降低液化之影響。

(3) 開挖置換土壤

直接利用開挖方式，將既有可能液化之土層予以開挖置換，惟其受限於經費及開發範圍，此工法較適用於置換土層深度較淺，且置換範圍有限之情況下，否則將造成工程經費大增。

(4) 固結地盤

採用地質改良方式，以機械攪拌或高壓噴射或低壓灌漿方式注入水泥系或化學系藥材，其目的在於改善土壤的強度、孔隙率及緊密程度，進而提高土層的抗液化能力，惟若改良範圍太大時，將造成工程費鉅額提高，此外，以目前國內之施工水準，倘若承商施工不當，往往造成鄰損等負面效應。

四、員林地區之實際扶正案例

「大震不倒、中震可修、小震不壞」是目前結構物耐震設計之首要目標，液化引致建物基礎破壞之類型及損害程度繁多，惟補強措施之適當與否，不僅影響結構物本身補強之成效，處理不當時甚至會引致損鄰事件，因此從災害鑑定、損害原因分析、補強措施之設計、施工、監測和監造等，每一環節均須審慎檢討、環環相扣，以確保畢其功於一役。有關基礎修復、補強對策工法依其處理對象之不同或原理之差異，可概分為(1)地盤補強(地層改良)、(2)基礎結構補強、(3)改變受力機制(含隔震、消能和改變荷重傳遞)等三大類(大地工程技師公會,2000)，其中基礎結構補強可再區分為傾斜扶正、基礎補修和重設或新設基礎等。建物若因液化造成不均勻沉陷而產生傾斜，若上部結構仍屬安全或損傷輕微時，則可考慮以基礎補強並配合扶正工法使其繼續使用。

員林地區部份建物因受921地震之液化影響造成建物傾斜，茲摘述當地屋主自行委託灌漿公司所進行之扶正作業案例供參，其作業方法、施工控制與管理方式，均為現地訪查結果(亞新工程顧問股份有限公司，1999)。

1. 案例(一)

本案例建物座落於員林鎮林森路上，為一地上七層、地下一層之鋼筋混凝土建築。該建物地下室並非涵蓋整幢建物下方，北側基礎係為筏基，南側基礎則採地樑方式。該建物於地震後向西南方向傾斜，其頂部到地面傾斜量達到59公分。研判係在地震力作用下，因基礎荷重不均和承载力不同，發生差異沉陷情形，造成建物朝無地下室側傾斜。

灌漿公司之施灌計畫為在建物之南側和西南側先行施作JSP灌漿，施灌深度為地表至地表下8公尺，而後於基礎下方施作CCP

及LW灌漿，灌漿角度則為 5° 、 10° 和 15° ，如圖4.1所示，期以灌漿方式將建物頂升起來，並改良基礎底版下方土壤強度。

由於該建物地下室部份之基礎構造並不清楚，斜灌時應注意灌漿壓力對基礎結構造成應力集中情形，若有不慎，則可能造成基礎結構破壞剪裂，因此事先需對基礎型式及位置詳加調查。

2. 案例 (二)

本案例建物位於員林鎮永昌街，為一地上七層、地下一層之鋼筋混凝土建物，地下室挑高約4.5公尺，筏基厚約2公尺。該建物於地震後沉陷約6~8公分，向東北傾斜約17公分，灌漿公司採低壓灌漿方式，如圖4.2所示，使用材料為水、水泥和矽酸鈉(水玻璃)，配比為1:1:1，採由上而下、邊洗孔邊灌漿方式施灌，期藉蓄積向上頂升之壓力，達到扶正建物之目的。

3. 案例 (三)

本案例建物位於員林鎮民生路，為一獨棟五樓狹長之建物，面寬約4.3公尺，長約13公尺，高約15公尺，採用筏式基礎，惟基礎深度甚淺。該建物於地震後向西傾斜約55公分，因建物左、右側皆有施工空間，基礎又為勁度較佳之筏基，且深度僅約1.5公尺，因此屋主和承包扶正作業公司決定採用排土扶正的方法來扶正建物，如圖4.3所示。

該扶正作業方式係先於西側空地施作JSG灌漿，將建物穩定後，再於東側開挖一深約2公尺之槽溝，並使用高壓 130kg/cm^2 水柱沖洗東側基礎底部之土壤，沖洗完成後並使用千斤頂於東側基礎底部頂住建物，以防止建物回沉過速並利於進一步沖洗或修正；另配合建物傾斜回正作業進行全程監測，直至建物回復到預定之垂直度後，迅速回填溝槽，再於基礎底部全面灌漿地盤改良，以加強基礎底部土壤之強度。施工概況詳照片4.1~4.2。

4. 案例 (四)

本案例建物位於員林鎮惠明街，為一五層之鋼筋混凝土建物，無地下室，其基礎型式為筏基。該建物於地震後沉陷量約為11~17公分，傾斜量達到48公分(向東)。屋主先在建物東側以鋼支撐將建物頂住，以防止建物繼續傾斜，並於建物東側灌注一排數量約40支，直徑30~40公分，深度15公尺之CCP，續採斜灌方式於基礎下方進行高壓灌漿，以頂升建物，如照片4.3及圖4.4所示。

5. 案例 (五)

本案例建物係位於員林鎮員集路，震後之沉陷量達30公分，傾斜量亦有20公分，建物扶正之施工方式與案例 (三) 相當類似，

同樣是採排土扶正方式，如圖4.5所示。即先於建物南側開挖一溝槽，用高壓水柱沖洗基礎底部土壤形成一空穴，而後放入千斤頂，並用千斤頂頂住基礎版底部，當傾斜回復至某程度後，則進行回填工作，並於基礎底版下方進行灌漿，以改良基礎下方土壤強度。

綜觀上述五個案例，可歸納整理如下：

1. 由案例（二）和（五）顯示採排土扶正之建物大都屬狹長型，基礎型式均為筏式基礎，且勁度良好。而採排土工法時，建物兩側（至少未沉陷或沉陷量較小側）需有足夠之空間供人員挖掘槽溝或放置機具，以供其排土作業。
2. 扶正作業應對個案地質狀況、房屋結構、對四周環境影響及處置土壤液化需求考量等等各項因素來評選工法。但據訪查結果顯示，上述案例事先均未進行地質調查，以獲得評估之基本資料，顯示建物扶正承包公司處置似嫌草率。
3. 員林地區灌漿隆升扶正工法，多採高壓灌漿。高壓灌漿由於壓力大，理應頂升建物的效果理較佳，惟亦正因其壓力高，施工控制不易，灌漿時除漿液四竄外，建物結構本身亦可能因灌漿壓力過大而造成二次傷害。
4. 除員林鎮永昌路案例先以灌漿進行改良區域的圍束外，其餘灌漿施工案例則未見到有此步驟，因此灌漿的範圍和數量均難予控制，連帶的耗費灌漿工料，其灌漿成效自難掌握，而且亦容易造成鄰近建物損壞。

五、結語

1. 液化潛能之評估牽涉到許多機率統計之問題，而如何防治液化和傾斜建物如何扶正補強，關係到費用、工期和施工可行性等，身為一大地工程師如何在有限之資源下提出最佳化之處置對策，則嚴格地考驗著設計者之智慧。
2. 扶正後建物結構是否仍屬安全，非一般土木包工或灌漿工人即可確保的，建物扶正及補強之成功端賴專業技術人員完整之規劃及良好之施工控管，並應同時針對扶正及補強檢討考量後，提出整體處理對策工法，以避免因施工不慎而損及鄰房或造成建物結構二次傷害之情事發生。
3. 員林地區震後屋主多因擔憂其建物持續傾斜甚至傾倒，急於進行建物扶正工作，以恢復其原有使用功能，而對後續抗液化能力之補強措施與工法考量多付之闕如，致無法達成建物修復補強之治標和治本雙重目標，殊為可惜。

致謝

921大地震員林液化調查評估工作感謝行政院國家科學委員會委由亞新公司辦理，而該計畫執行期間亦獲國家地震工程研究中心之鼎力協助，謹致謝忱。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，宋騰烽副總經理、黃南輝博士和王劍虹經理提供卓見和指正，姜凱文先生之不吝協助，特此一併致謝。

參考文獻

1. 吳偉特(1979)，台灣地區砂性土壤液化潛能之初步分析，中國土木水利學刊，第六卷，第二期，第39-66頁。
2. 蘇鼎鈞、姜凱文、林向榮、王復國、段紹緯(2000)，員林鎮土壤液化現狀調查成果及初步研判，地工技術雜誌，第77期，第29-38頁。
3. 林呈、孫洪福(2000)，見證921集集大地震—震災成因與因應對策。
4. 張吉佐、曾文德、許建裕(2002)，台灣濱海工業區的地盤改良工法，地工技術雜誌，第93期。
5. 大地工程技師公會(2000)，液化區基礎修復補強工法。
6. 亞新工程顧問股份有限公司(1999)，彰化縣員林鎮、大村鄉及社頭鄉建物扶正訪查報告。

表3.1 各種抵抗土壤液化之地質改良工法比較

工法	優點	缺點
擠壓砂樁工法	<ol style="list-style-type: none"> 1. 國內施工經驗豐富。 2. 施工機組多，施工快速，對於工期之控制力佳。 3. 工程費用較易掌控。 4. 可改良較深層土壤(以16公尺範圍內效果較佳)。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 淺層土壤(1-2m)改良效果不佳(基礎若屬樁基，則淺層土壤仍須開挖以製作樁帽，故影響不大)。 2. 震動、噪音較大。
動力夯實工法	<ol style="list-style-type: none"> 1. 操作簡單、施工快速，工期之控制佳。 2. 施工費用低廉，尤其是大面積改良時。 3. 可改良較深層土壤(以10公尺範圍內效果較佳)。 4. 改良土壤之適用範圍較廣。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 國內施工經驗有二個施工案例(台塑麥寮/台南垃圾焚化廠)，施工經驗稍嫌不足，且工法設計部份需依賴經驗與判斷。 2. 作業時產生之震動及噪音大。
礫石樁工法	<ol style="list-style-type: none"> 1. 可改良較深層土壤(深度約20公尺)。 2. 改良成效良好，但礫石樁中之礫石可能影響日後樁基礎之施作。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 目前國內有一個施工案例(台塑麥寮)。 2. 填料必須仔細選用，且施工費時，工期長。 3. 工種費用中等至高。 4. 施工中使用之高壓水將在地面上漫流，增加施工困難度。
震動揚實工法	<ol style="list-style-type: none"> 1. 可改良較深層土壤(深度30公尺以上)。 2. 改良後土壤均勻性佳，可得較高密度之土壤。但對細粒含量超過20%之土壤，改良效果不佳。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 國內有二個施工案例(林園石化廠/台塑麥寮)，施工經驗有限。 2. 施工機具設備需仰賴進口，工期不易控制。 3. 施工費用中等至高。 4. 施工中使用之高壓水將在地面上漫流，增加施工困難度。
炸震夯實法	<ol style="list-style-type: none"> 1. 可改良較深層土壤。 2. 施工快速。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 國內尚無實際工程施工案例。 2. 工程案例少，經費不易掌控。 3. 改良後土壤均勻性不佳，且表層土壤無改良效果，需再處理。對深層較緊密土壤可能有反效果。 4. 施工振動對周遭結構物有不利影響，危險度高，且炸藥之申請、保管不易。



照片2.1 員林液化造成之房屋嚴重下陷



照片2.2 員林液化造成水溝被噴砂塞住



照片2.3 員林液化造成屋旁空地噴砂



照片2.4 員林液化造成廠房內之噴砂



照片2.5 鴿鳥坑溪沿岸之液化災情
(摘自林呈，2000)



照片2.6 省諮議會高爾夫球場之噴砂
(摘自林呈，2000)

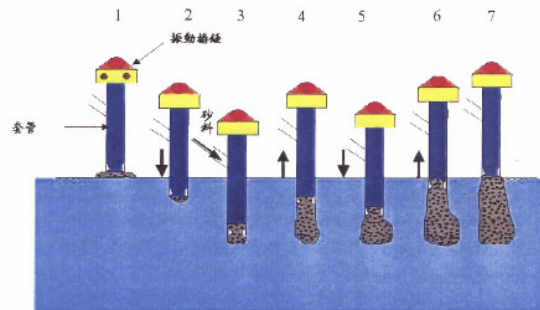


圖3.1 擠壓砂樁工法施工示意圖

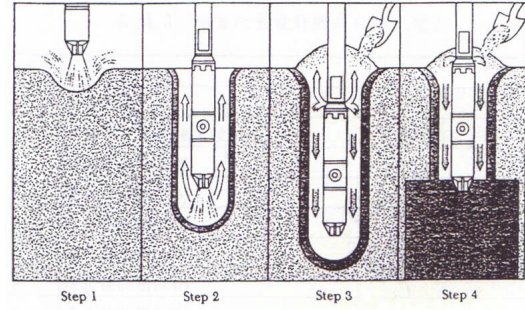


圖3.2 震動揚實工法施工示意圖



照片3.1 動力夯實工法現場施工狀況



照片3.2 炸震夯實工法現場施工狀況(1)



照片3.2 炸震夯實工法現場施工狀況(2)

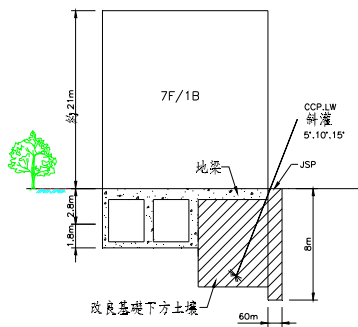


圖4.1 員林鎮林森路案例之平、剖面示意圖

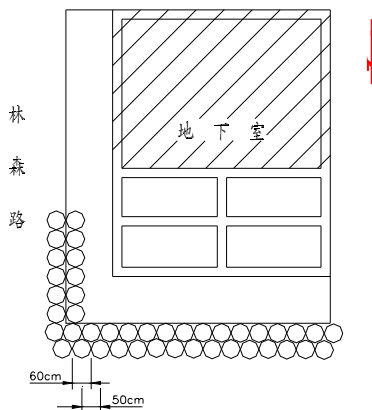


圖4.2 員林鎮永昌街案例剖面示意圖

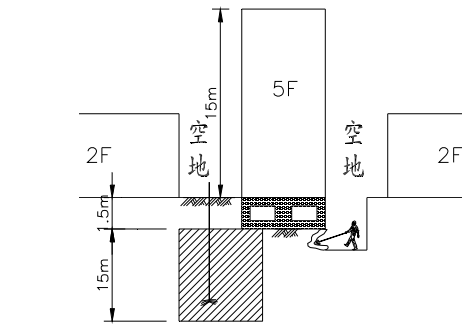
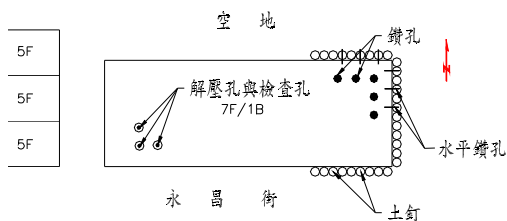


圖4.4 員林鎮惠明街案例平剖面示意圖

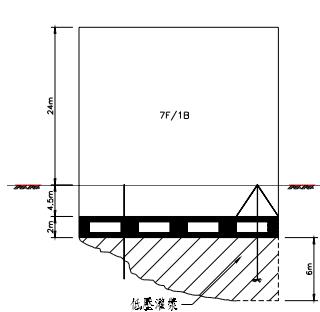


圖4.5 員林鎮震員集路案例剖面示意圖



照片4.1 員林民生路建物以高壓水柱
沖洗基礎底部土壤



照片4.2 員林民生路建物於基礎底版下方
放置千斤頂



照片4.3 員林惠明街建物以型鋼支撐及灌漿情形