

投稿類別：工程技術類

篇名：

土壤液化之研究

作者：

黃偉哲。國立屏東高工。土木三乙。

陳子潁。國立屏東高工。土木三乙。

指導老師：

施崑城老師

謝春慧老師

壹●前言：

一、研究動機：

關於這次我們做的小論文，土壤液化的研究，我希望可以讓更多人看到，大部分台灣人都不曉得土壤液化究竟是什麼，也不明白是怎麼發生的，發生時會產生何種現象？我們應該怎麼去發現？問了相當多的長輩，雖然都知道土壤液化，但卻是一知半解，我們希望透過這篇小論文可以讓大家知道土壤液化的嚴重性，如何避免土壤液化，還有土壤液化並不是「不治之症」，只要發現了都能即時治療，不要等到發生了，才去了解，而是先去了解如何避免！

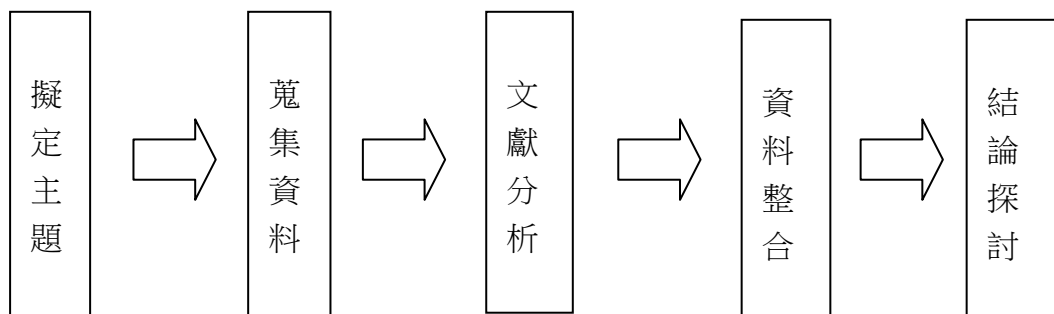
二、研究目的：

- (一)、土壤液化定義。
- (二)、土壤液化會帶來哪些現象及影響？
- (三)、台灣發生土壤液化地質及地區。
- (四)、台灣土壤液化潛勢區。
- (五)、淺談改善與防治。

三、研究方法：

透過圖書館、書店等土壤液化相關書籍，將其整合後，探討如何防治與改善。

四、研究流程圖：(圖一)

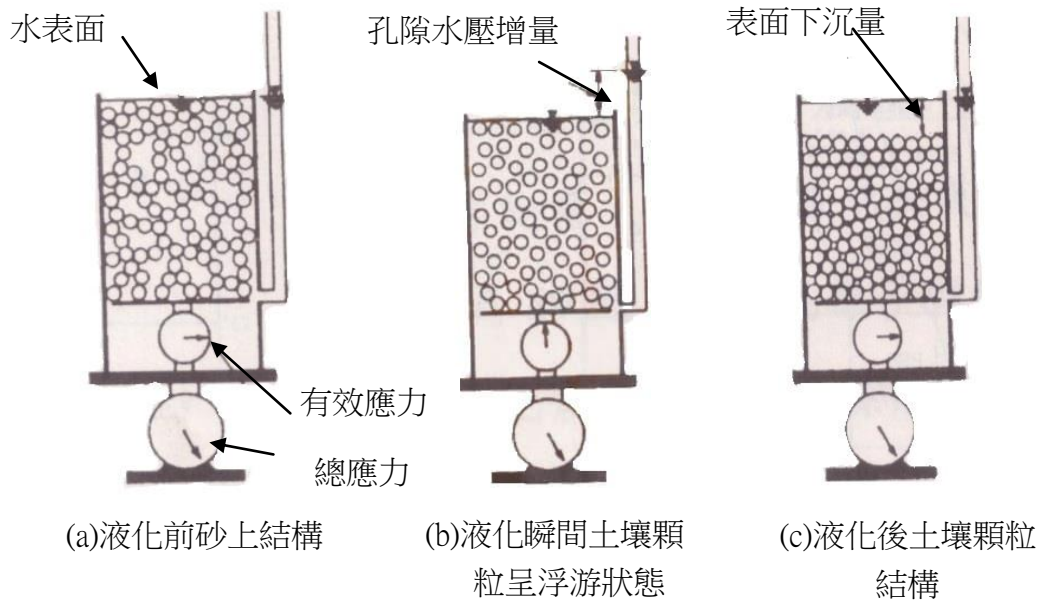


圖一 研究流程圖(自行繪製)

貳●正文：

一、土壤液化定義：

土壤液化是指土壤受地震作用由固態暫時轉化為類液態的過程，地震來襲時，稀鬆且飽和因受地震作用後而產生孔隙水壓上升使土壤有效應力趨近於零，讓土壤顆粒懸浮於水中的現象，(圖二)稱為「土壤液化」。



圖二 液化示意圖

(資料來源：1999 集集大地震災害調查研討會·論文集 D84)

二、土壤液化會帶來哪些現象及影響：

(一)、地表沉陷：(921 集集大地震周年紀念學術研討會·論文集 P236)

地震過後，原先在地表下飽和砂土因地震將水擠出表面導致土壤顆粒間距縮小使其體積跟著縮小導致地表下陷。(圖三)

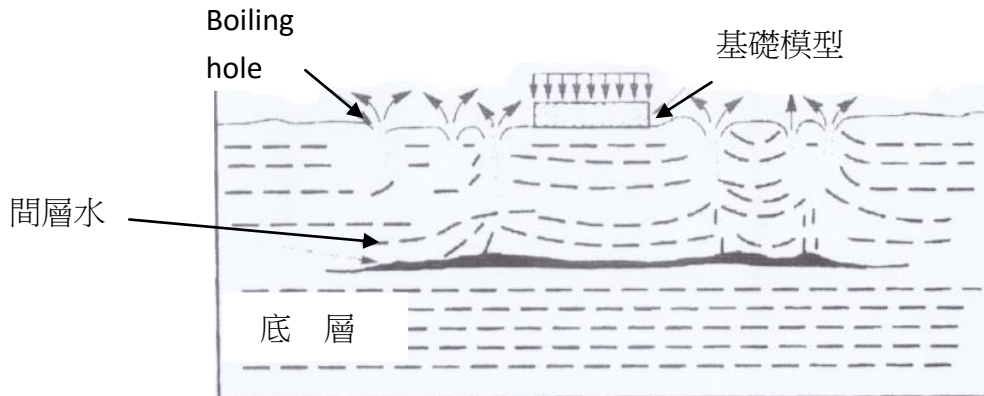


圖三 霧峰民房液化下陷傾斜

(資料來源：1999 集集大地震災害調查研討會·論文集 D98)

(二)、噴砂現象：(921 集集大地震周年紀念學術研討會·論文集 P236)

地震發生時或地震發生之後，土壤顆粒間距的水壓流失，大部分往上方排除(圖四)，對上方的土壤產生一作用力，此力量會使土壤變的鬆散。當向上排除的水壓達到臨界水力坡降時，此時向上的水流力量會大於土壤自重將土壤帶出地表。土壤液化往往是不均勻的，向上排出的孔隙水會沿著土層裂縫或脆弱的地方，以相當高的流速噴出地表。(圖五)



圖四 噴砂現象

(資料來源：1999 集集大地震災害調查研討會·論文集 D85)



圖五 石岡壩庫區液化噴砂

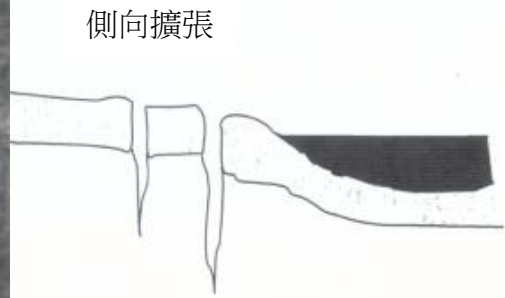
(資料來源：1999 集集大地震災害調查研討會·論文集 D90)

(三)、側向擴張：(921 集集大地震周年紀念學術研討會·論文集 P236)

於地面坡度小於 3~5% 的液化地移動，其滑動原因為液化土層抗剪力處於極低狀態，「上覆非液化土層沿著液化界面的自重分力和土層水平地震力作用下，產生往外滑動」(黃富國、余明山、何政弘，1999) 伴隨一系列臺階式錯動、地面裂縫，此現象發生河岸、海岸居多。(圖六)(圖七)



圖六 彰化縣伸港鄉大肚溪口高灘地



圖七 側向擴張剖面圖

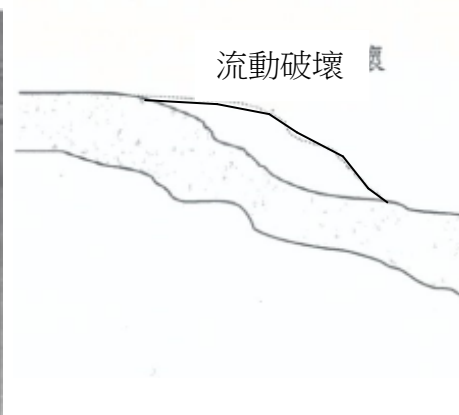
(資料來源：土木工程技術 第三卷 第三期 P59~60)

(四)、流動破壞：

傾斜坡度大於 3~5%，因地形與其他因素「產生偏土壓作用導致土壤液化時在水平方向伴隨產生大滑移。」(黃富國、余明山、何政弘，1999)(圖八)(圖九)



圖八 貓羅溪綠美橋附近河流護岸

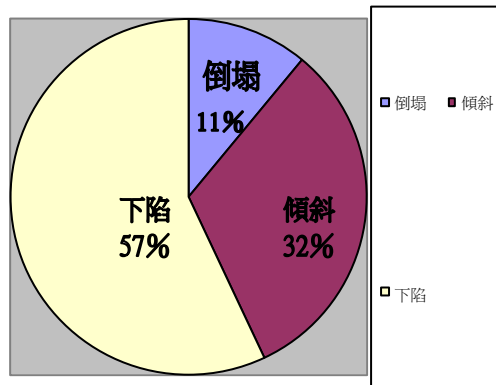


圖九 流動破壞剖面圖

(資料來源：。土木工程技術 第三卷 第三期 P59~60)

(五)、建築傾斜：

土壤液化，造成土壤的承載力不足使建築物傾斜(圖十)



圖十 液化造成房屋震害損害類型及比例

(資料來源：土木工程技術 第三卷 第三期 P54)

三、台灣發生土壤液化的地質及地區：

(一)、海埔新生地(台中港)：

1、液化震害:(圖十一)(圖十二)

碼頭後線地表下陷、開裂、移位；陷坑、噴砂；鐵軌扭曲、下陷；倉庫傾斜、下陷、開裂；碼頭位移、排水溝破壞；運輸設備損壞。

2、地質環境:

水利抽砂回填地。



圖十一 台中港 1-4 號馬頭(李秩宏 攝)



圖十二 台中港運輸鐵軌(黃木發 攝)

(資料來源：土木工程技術-地震叢書 P.162~163)

(二)、沖積層(南投縣埔里鎮)：

1、液化震害:(圖十三)(圖十四)

道路開裂、噴砂。

2、地質環境：

沖積層；眉溪、南港溪經過。



圖十三 南投縣埔里鎮九九峰
(遠眺 張穗平 攝，近景 黃木發 攝)



圖十四 南投縣埔里鎮堰塞湖
(經濟部水利處提供)

(資料來源：土木工程技術-地震叢書 P.136)

(三)、斷層(台中縣霧峰鄉)：

1、液化震害：(圖十五)

房屋傾斜、下陷、位移、開裂、拱起；地板凸起、開裂；噴砂；道路凹陷、凸起；地表裂開；水路溝渠護岸崩潰；擋土牆破壞；橋墩裸露。

2、地質環境：

車籠埔斷層通過。



圖十五 台中縣霧峰鄉太子城堡液化(徐松圻 攝)
(資料來源：土木工程技術-地震叢書 P.173)

四、台灣土壤液化潛勢圖：(圖十六)

(一)、高潛勢區(紅色區域)：

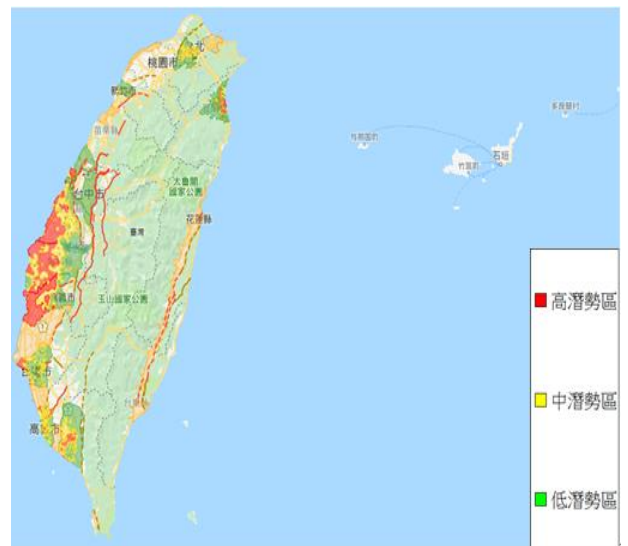
建築物位於高度土壤液化潛勢區內請勿過度擔心，可利用自主檢查表(附表)可初步檢核，並向地方政府查閱建物的原始設計資料尋求土壤液化工作站諮詢，有需要再委託專業技師進行專業診斷。

(二)、中潛勢區(黃色區域)：

中度土壤液化潛勢區，可依照簡易自主檢查表作初步自我檢視表，符合表列任一狀況，不必擔心土壤液化的問題。

(三)、低潛勢區(綠色區域)：

所受影響極小、甚至沒有影響，不必顧慮土壤液化風險。



圖十六 台灣土壤液化潛勢圖
(資料來源：經濟部中央地質調查所。
2019年3月10日，取自
<https://www.moeacgs.gov.tw/2016.htm>)

五、淺談土壤液化區如何防治與改善：

土壤液化的防治對策主要在於地盤的改良和良好之基礎結構，在開挖與動工前應先完成土質探勘與評估，並詳細分析該地區於地震時發生液化的可能性及災害程度，由於土壤液化潛能高低與局部區域土層分佈有密切之關係，針對個地質適用之工程進行鑽探調查及土壤液化區潛能評估，並有效防止或降低地震時可能引致的土壤液化災害。

(一)、地質調查

1、鑽探：

鑽探是利用深部鑽探的機械工程技術，採取地層的剖面實況，擷取實體樣本，以提供實驗以取得相關數據資料等。

2、開挖：

可初步判斷，但詳細資料需帶回化驗。

3、透地雷達：

使用電磁波打入地底，觀察超音波與地下水的回彈率。

4、長期觀測：

在房屋外圍定點，觀測其點位是否下沉。

(二)、建築物基礎設施改善

目前針對土壤液化的防治基礎與工法有(基礎底面加深、樁基礎、基礎外緣以連續壁圍束)這些設施都能有效的避免建築物因土壤液化受到影響。

(三)、地質改良

建築基地經評估會發生土壤液化的情形時，建築物基礎可採取以下防治對策，例如增加地層土壤抵抗液化的能力，台灣常見工法為下列幾項。

1、深層攪拌工法

深層攪拌工法在軟弱地層之處理上是極為有效之工法，利用特殊之機械於軟弱地層中攪拌土壤之同時注入水泥是處理劑使與土壤混合形成固結體之工法。

2、震動夯實工法

震動夯石工法分為傳統之濕式頂部投料與改良之乾式底部供料兩種施工方式。

(1)、傳統濕式工法

是藉由水沖並配合揚實錐之振動以形成樁孔，並利用水流以維持孔壁之穩定與回填料之輸送。

(2)、改良乾式工法

是利用油壓並配合揚實錐之振動與高壓空氣將揚實錐壓入地層中形成樁孔，並以高壓空氣來維持孔壁之穩定。

3、擠壓沙樁工法

將砂料置入套管以衝擊或振動的方式打入疏鬆砂土層，形成緊實之砂樁，並擠壓砂樁周圍土壤，減小土壤的孔隙，降低土壤液化發生的可能性。

參●結論：

土壤液化是地震災害的一種，台灣在近二十年裡發生過無數的地震，但最具代表性還是集集大地震以及美濃地震，這兩次地震裡都有出現嚴重的土壤液化現象，但因為受限於經驗與篇幅的關係，我們不能更深入的探討應該如何改善的部分，我們只有書本上的資料，與老師們的經驗談，不過我們也運用書中的知識、網路的資料以及透過與老師多次的討論，我們決定這麼寫這篇小論文，但如果篇幅能夠在多的話，我想我們一定會把防治與改善做到最好，讓所有為了土壤液化而煩惱的人們有了更完善的處理方法。

建議：

我認為今後的社會能夠讓土壤液化事件漸漸的消失，但是應該如何令它消失呢？普遍民眾知道土壤液化的嚴重性，但沒有經歷過 921 或是住宅處不是液化地區很難體會土壤液化所帶來的災害，也多虧了 921 集集大地震讓我們從中改善工法、房屋設計與評估等等，並對未來去做防範與補強。在來就是我認為建築前的鑽探、勘探應該要更加的精確，所以我會希望未來能夠將雷射勘探廣泛運用，這不僅提高精度也能縮短施工時間，在台灣這樣地震繁多的地方來說更應該普及，只要知道了有可能發生土壤液化的地點就能加以防治，我相信只要能夠做到，那麼距離沒有土壤液化的台灣也就不遠了。

肆●引註資料：

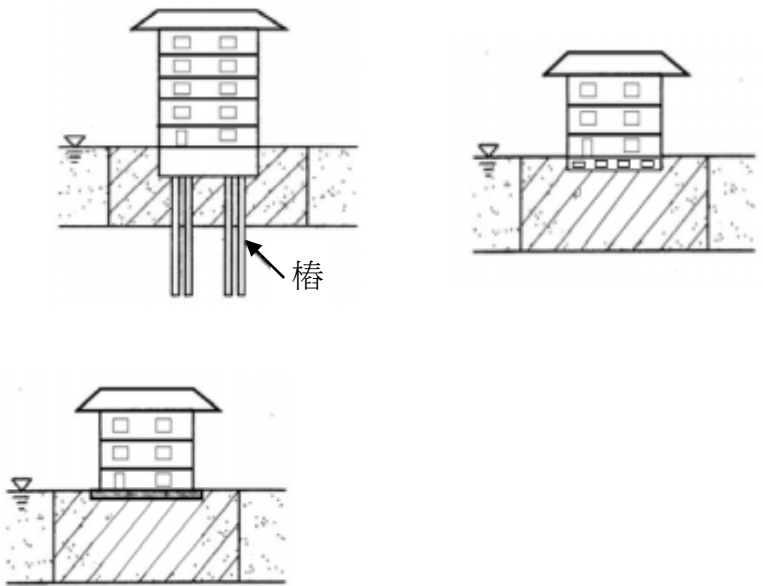
- 一、倪勝火、賴宏源(2000)。常用於液化評估法對 921 大地震案例適用性探討。載於國科會工程科技推展中心(主編)：921 集集大地震周年紀念學術研討會·論文集(233~270)。台南市：國立成功大學土木工程學系。
- 二、李德河、古志生、林宏民、田坤國、高清泉、林銑鋒(1999)。地盤液化與沉陷。載於國科會工程科技研討會(主編)：1999 集集大地震災害調查研討會·論文集(81~101)。台南市：國立成功大學土木工程研究所、國立成功大學公共工程研究中心。
- 三、黃富國、余明山、何政弘(1999)。土木工程技術第三卷 第三期(47~79)。台北市：中華民國土木技師公會全國聯合會。
- 四、李秩宏、黃木發、張穗平、徐松圻(1999)。土木工程技術-地震叢書(136.162.163.173)。台北市：中華民國土木技師公會全國聯合會。

五、經濟部中央地質調查所。2019年3月10日，取自
<https://www.moeacgs.gov.tw/2016.htm>。

六、中華民國內政部營建署。2019年3月10日，取自
<https://www.cpami.gov.tw/最新消息/業務新訊/19652-土壤液化防治專區.html>。

附表

土壤液化潛勢區建築物簡易自主檢查表

全部門牌號碼(一幢或一棟)	
勾選	建築物狀況只要符合下列任一項，不需要太擔心土壤液化的問題！
<input type="checkbox"/>	<p>依據 921 地震後，88 年 12 月 29 日公告修正之「建築物耐震設計規範與解說」所設計之建築物。</p> <p>說明：88 年 12 月 29 日修正之建築物耐震設計規範，已要求建築物設計時須進行液化潛能評估並納入耐震設計中。</p>
<input type="checkbox"/>	<p>地下室三層(含)以上之建築物</p> <p>說明：地下室三層(含)以上之建築物，可能發生液化的地層已在施作地下室時已大部分挖除，且其基礎通常採用筏式基礎或樁基礎，因而發生液化時對建築物之危害較小。</p>
<input type="checkbox"/>	<p>採用樁基礎之建築物。</p> <p>說明：建築物若採用樁基礎且穿過液化地層，當地層產生液化時仍可以支撐建築物，對建築物之危害較小。</p>
<input type="checkbox"/>	<p>地上三層(含)以下，採用筏式或版式基礎。</p> <p>說明：由 921 地震之經驗，在液化區三層樓以下且採用筏式或版式基礎的建築物，因液化而受損的情況都不嚴重。</p>
<input type="checkbox"/>	<p>基礎下方已無會產生液化地層之建築物。</p> <p>說明：建築物因開挖或基礎加深，基礎已座落於不會產生液化的地層，如岩盤、卵礫石層、承载力足夠之黏土層，或地下水位很深的地層，建築物雖位於土壤 液化潛勢區，也不會因液化而發生損壞。</p>
參考圖示	 <p>The diagrams show three cross-sections of buildings on different types of foundations. The top-left diagram shows a building with multiple stories supported by several vertical pile foundations that extend deep into the ground. An arrow points to one of the piles with the label '樁'. The top-right diagram shows a building with a single-story structure supported by a wide, flat raft foundation. The bottom diagram shows a building with a single-story structure supported by a thick, horizontal slab foundation.</p>
備註	本表僅適用於位於中度、高度土壤液化潛勢區之建築物自主檢查，因為位於低度潛勢區者，發生土壤液化的機會極低，請您無須擔心！

(資料來源: 中華民國內政部營建署)