

【2021 全國科學探究競賽-這樣教我就懂】

高中（職）組 成果報告表單

題目名稱：土壤液化知多少？

一、摘要

本研究在探討土壤液化對地形及人類生活環境的影響，近幾年在台灣也有不少土壤液化所帶來的災害。因為「砂質土壤」結合「高地下水位」，遇到一定強度的地震搖晃，導致像顆粒浮在水中的現象，稱為土壤液化。人類的過度開發，建築物載重影響地下結構的負壓，發生城市地震是主要的危害來源。土壤液化通常也伴隨著出現流沙、噴砂、濁流等現象。

凡是有問題必有解決問題之法，穩定地基便是預防土壤液化的最主要方式，將土質壓至緊密是其次，若是已發生在建築物上，便以支撐物扶正，再將混泥土作為填充物，以穩定建築物。

二、探究題目與動機

平常的學校課程中就有提到相關的知識，但是沒有細說完整的後續處理方式，因此我們藉由查找文獻來推論出有效預防措施。在以往許多報導中也看到台灣有很多地區飽受土壤液化之苦，且大多發生在南部地區，我們想要知道其中的原因，並且深入了解預防，因而避免不必要的要危害。

在 2011 年的 3 月 11 號，日本東北方太平洋近海，發生日本有觀測紀錄以來第一個規模超過 9 的地震，造成極為嚴重的災害，除了海嘯與地震帶來的災害，同時也對地質有影響，例如：地軸移動、地表變形作用、和我們的研究主題「土壤液化」有極大關係，我們希望可以藉由此事件來探討土壤液化的影響及防範方式，以過往的事件來推斷現今的我們是否有同樣的風險。

三、探究目的與假設

1. 研究地震造成的土壤液化對居民的影響。
2. 研究土壤液化的形成原理，如何防範和改建。
3. 探討台中和台北的土壤液化淺勢地區。

四、探究方法與驗證步驟

1. 311 大地震對日本千葉影響

311 地震時，讓東京灣周邊 42 平方公里的土地成為液化災區，有將近 27000 戶的住宅受災。千葉市美濱區因此發生土壤液化(圖一)，大量噴出地表的泥沙造成淤積厚度高達 30 公分，全區受災道路約達 44 公里，交通系統嚴重癱瘓；千葉縣浦安市為最慘重的地區，總共有 86% 的土地發生土壤液化，清出的噴砂量總共就有 75000 立方米，這次所有的海埔地都出現液化災情，共有 8700 棟住宅受損，當住在傾斜的房子裡



(圖一) 311 大地震土壤液化

時，會導致平衡神經失調，慘生頭暈、想吐、不舒服等症狀。

2. 921 大地震對台灣影響

民國 88 年發生的 921 大地震是台灣史上最大的自然災害，其中的災害包括了我們研究的土壤液化，中部地區的員林、南投、霧峰、太平一帶的房子受土壤液化而損毀(圖二)，台中港的 1~4 號碼頭也因作業區積沙造成影響。

3. 土壤液化的形成原理

土壤液化的形成條件，土質也要符合，土壤顆粒大小適當，需要隙縫夠小不易排水，同時也擁有可以擠壓的空間。第二，要是飽和的狀態，否則空氣本身也可以受擠壓，使水壓無法上升。符合以上兩點，最後只需要足夠的能量，也就是足夠規模的地震，土壤才能夠受到夠強的擠壓。

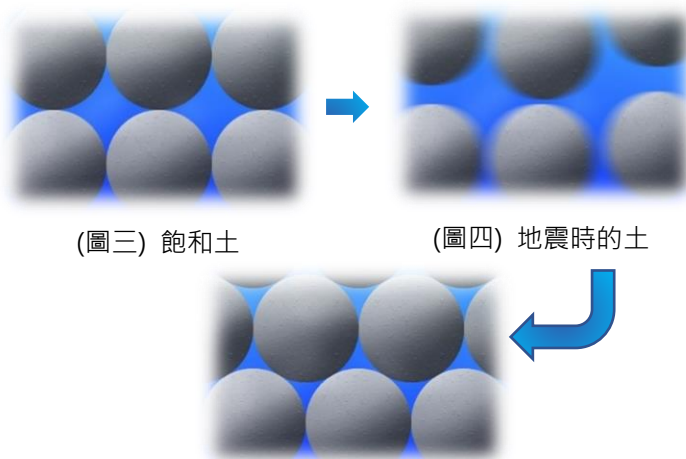
因此我們整理出以下 3 大構成土壤液化的條件：

1. 粒徑組成在某個範圍內的土
2. 地下水面以下的土
3. 夠大的地震製造擾動

水和土為兩種不同物質，為什麼會「液化」呢？因為兩者之間原先平衡的沙粒結構(圖三)，在劇烈搖晃下被破壞(圖四)，造成水壓上升(圖五)，使液態水冒出地面。



(圖二) 921 大地震土壤液化
取自：地震引致的土壤液化



(圖五) 土相互緊密排列造水壓上升

液化的泥沙因無法維持固定形狀，結構顯得相對脆弱，其上方的人為建物可能因此失去支撐而導致位移、塌陷和傾斜。土壤液化會使地底下液化的泥漿，如同流體，若上方有建物對地表施壓，不等量沉陷容易引發張力而造成地面破裂。

簡單來說土壤液化就是因為「砂質土壤」結合「高地下水位」，遇到一定強度的地震搖晃，導致像顆粒浮在水中的現象，因而使砂質土壤失去承載建築物重量的力量，造成建築物下陷或傾斜。

4. 如何預防?

由於土壤液化帶來的嚴重破壞性，對百姓的生活造成很大的危害，政府和建築公司是如何實施預防措施的呢？防止土壤液化的方法大致上分為四種：

I. 開挖置換土壤法

將地層中易造成土壤液化的砂質地層抽光，然後再抽光的地方建地下室，這樣就少掉了容易液化的砂質地層，有點類似地基的概念。

II. 動力夯石法

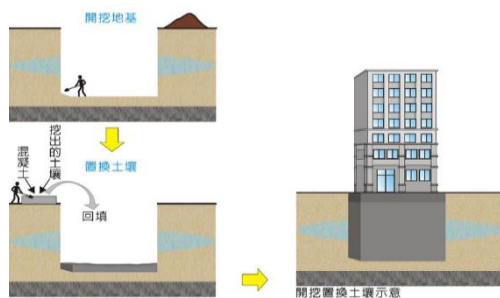
利用機器吊起重錘，然後以自由落體的方式打在地面上，對土地施壓，將地層壓得較密實。

III. 灌漿穩定法

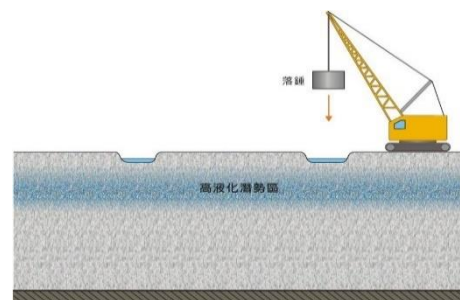
將混凝土倒入鬆散的砂質地層中，讓它和砂石一起凝固，直接讓砂石變成一塊巨大的固體，理應不容易發生土壤液化。

IV. 打樁法

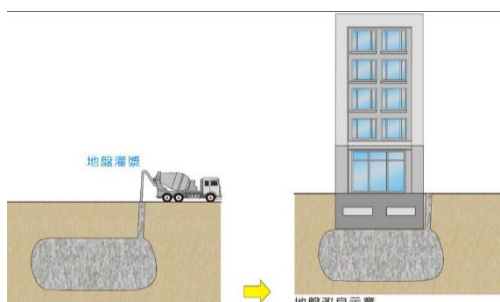
從地表上打樁較堅固的地層裡，即使發生了土壤液化，也不會產生塌陷或傾倒的狀況。



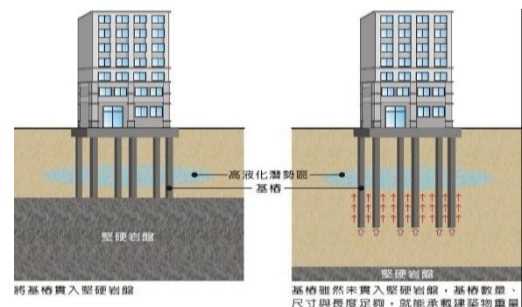
(圖六) 開挖置換土壤法 取自:電子報第 760 期



(圖七) 動力夯石法 取自:電子報第 760 期



(圖八) 灌漿穩定法 取自:電子報第 760 期



(圖九) 打樁法 取自:電子報第 760 期

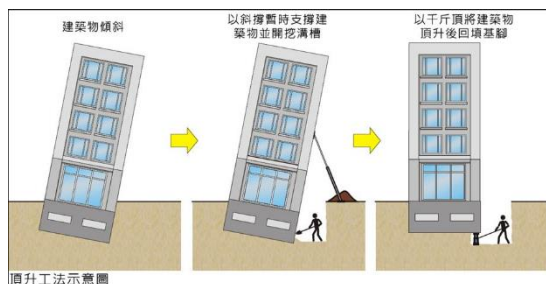
5. 發生土壤液化後如何處理

日本 311 大地震過後，在浦安市的兩位夫婦發現他們的房屋傾斜下陷，住起來極度不適，於是他們花了 500 萬元日幣，決定用千斤頂將房屋扶正，再將噴砂的地方用混凝土補強。

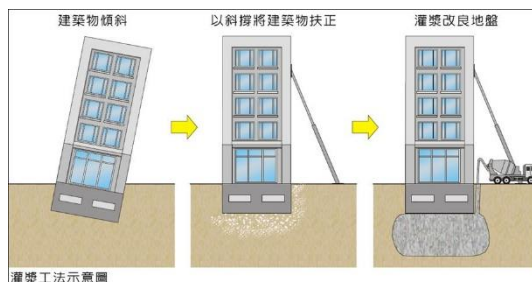
由此可知這一對夫婦選擇的是頂升工法，施工時先沿著建築物開挖一條溝槽，將千斤頂

及木塊置於建築物基礎下方，以千斤頂將建築物頂升至水平後，重新建造基腳，基腳完成後再回填土壤或灌漿。

還有另一種工法為灌漿工法，先以 H 型鋼斜撐將建築物扶正，之後再利用低壓灌漿，將混凝土灌入基礎下方，以改良地盤。



頂升工法示意圖

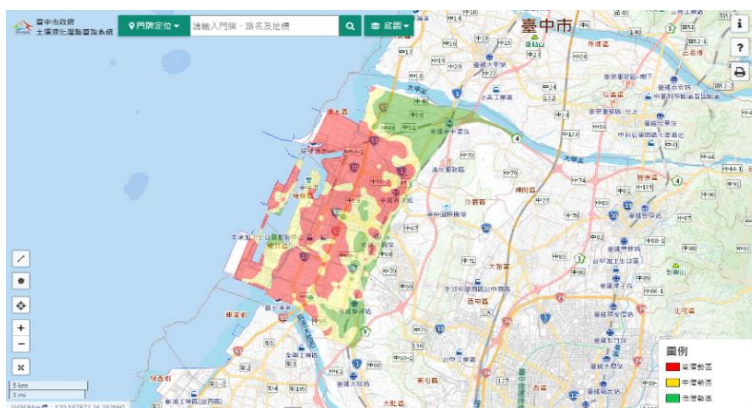


灌漿工法示意圖

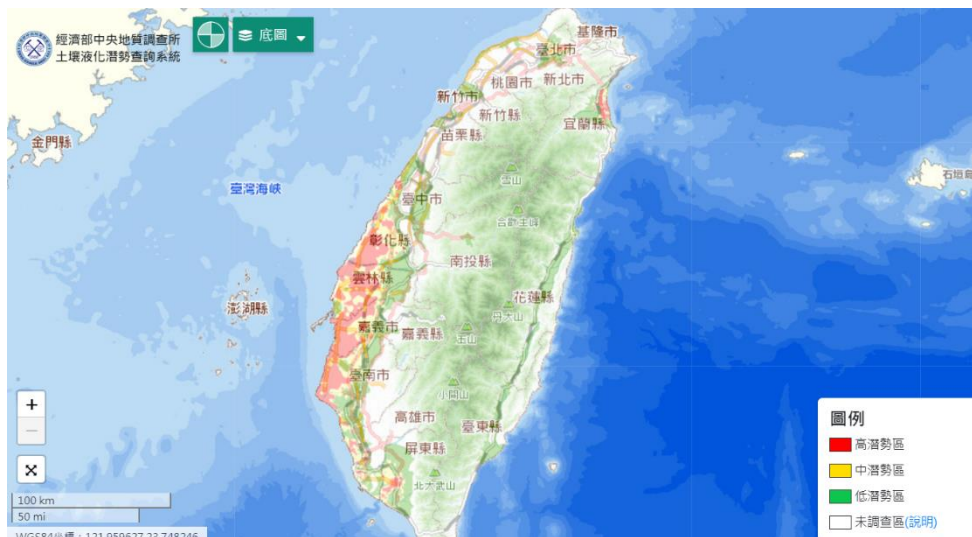
(圖十) 頂升工法示意圖 取自：電子報第 760 期

(圖十一) 灌漿工法示意圖 取自：電子報第 760 期

6. 台中台北台灣土壤液化潛勢地區



(圖十二) 台中市土壤液化潛勢地區 取自：臺中市政府土壤液化潛勢查詢系統



(圖十三) 台灣土壤液化潛勢地區 取自：經濟部中央地質調查所土壤液化潛勢查詢系統

- 低潛勢(綠)：強烈地震發生時，地基可能無影響或輕微影響。
- 中潛勢(黃)：強烈地震發生時，地基可能輕微影響至中度影響。
- 高潛勢(紅)：強烈地震發生時，地基可能中度至嚴重影響。

由於目前的技術可解決土壤液化問題，所以民眾可安心的居住，若是住家位於高潛勢區，也可請專業的團隊來幫你處理。

五、結論與生活應用

1. 土壤液化原因:

土壤液化就是因為「砂質土壤」結合「高地下水位」，遇到一定強度的地震搖晃，導致像顆粒浮在水中的現象，因而使砂質土壤失去承載建築物重量的力量，造成建築物下陷或傾斜。

2. 預防方法:

由預防的四個方法，開挖置換土壤法、動力夯石法、灌漿穩定法、打樁法可得知，除了動力夯石法，大多預防方法之目的皆為加強地基。修復亦同，先以支撐物扶正，再將混泥土作為填充物，以穩定建築物地基。

3. 生活運用:

土壤液化在自然界中也有發生的可能，人為建物對地表施加壓力會使的土壤液化發生時，液體的流出更加明顯，因為壓力更大。

藉由改變地下地質結構或是添加填充物是最佳的防範方法，土壤液化帶來的破壞不容小覷，為了了解土壤液化的潛勢可能性，政府進行大規模地質調查，並製作網站使民眾可在家中查詢，安心居住環境。

本報告可讓人更加了解土壤液化的危害之處和修復預防方式。

參考資料

于立平(2016，5月2號)。沉陷的復興。我們的島，2020年12月26日，取自 <https://ourisland.pts.org.tw/content/%E6%B2%89%E9%99%B7%E7%9A%84%E5%BE%A9%E8%88%88>

李珩(2015，9月18日)。土壤液化成因。2020年12月26日，取自 <https://highscope.ch.ntu.edu.tw/wordpress/?p=65098>

黃巧雯(2016，3月11日)。BENEVO 台灣部落格之科技應用。創新與分享。痞客邦。2020年12月26日，取自 <https://benevo.pixnet.net/blog/post/49903508-%E5%BF%AB%E9%80%9F%E6%90%9E%E6%87%82%E6%B6%B2%E5%8C%96%E7%9C%9F%E7%9B%B8%EF%BC%81>

莊文星 (無日期)。土壤液化。2020 年 12 月 26 日。取自

<http://web2.nmns.edu.tw/PubLib/NewsLetter/89/152/11-1.htm>

阿米編(2019·10月25日)。「【液化危機】土壤液化區大公開！原因、定義、3大應變措施，一次看懂！奇奇筆記」。2020年12月26日。取自 <https://kikinote.net/91904>

要怎麼防止土壤液化的發生 (無日期)。2020 年 12 月 26 日。取自

<http://web.pts.org.tw/~web02/nature/content10-3.htm>

建築物基地地土壤液化防治。(無日期)。2020 年 12 月 26 日。取自

http://www.ncree.org/safehome/ncr02/pc3_7.htm

太沙基(1923)。有效應力原理。2020 年 12 月 26 日。取自

<https://www.itsfun.com.tw/%E6%9C%89%E6%95%88%E6%87%89%E5%8A%9B%E5%8E%9F%E7%90%86/wiki-2024716-4521695>

臺北市政府土壤液化潛勢查詢系統。2020 年 12 月 26 日。取自

<https://soil.taipei/Taipei2019/Web/Map.aspx>

經濟部中央地質調查所土壤液化潛勢查詢系統。2020 年 12 月 26 日。取自

<https://www.liquid.net.tw/cgs/Web/Map.aspx>

臺中市政府土壤液化潛勢查詢系統。2020 年 12 月 26 日。取自

<https://www.liquid.net.tw/taichung/Web/Map.aspx>

楊王進(2016年2月23日)。電子報第760期。技師電子報。2020年12月27日。取自

<http://www.twce.org.tw/twce/epaper/760/index.htm>