

臺中市高級土壤液化潛勢暨建築安全技術 研討會

土壤液化潛勢之影響對策及調查工作

中華民國大地工程技師公會理事長 陳江淮

中華民國一〇八年十月二十五日

簡報內容及順序

台灣土壤液化緣起

土壤液化相關規定歷程

「安家固園計畫」-液化圖資建置及鑽探品質提昇

地震引起的建築損壞

1. 建築結構損壞

特性: 單一建築

原因: 設計不佳、施工不良、使用不當造成

損失: 生命及財產

處置: 拆除重建

2. 土壤液化

特性: 區域性、大範圍、具重覆性

原因: 地質調查不確實、未針對抗液化設計

損失: 財產及維生機能受損

處置: 大部份均可修復

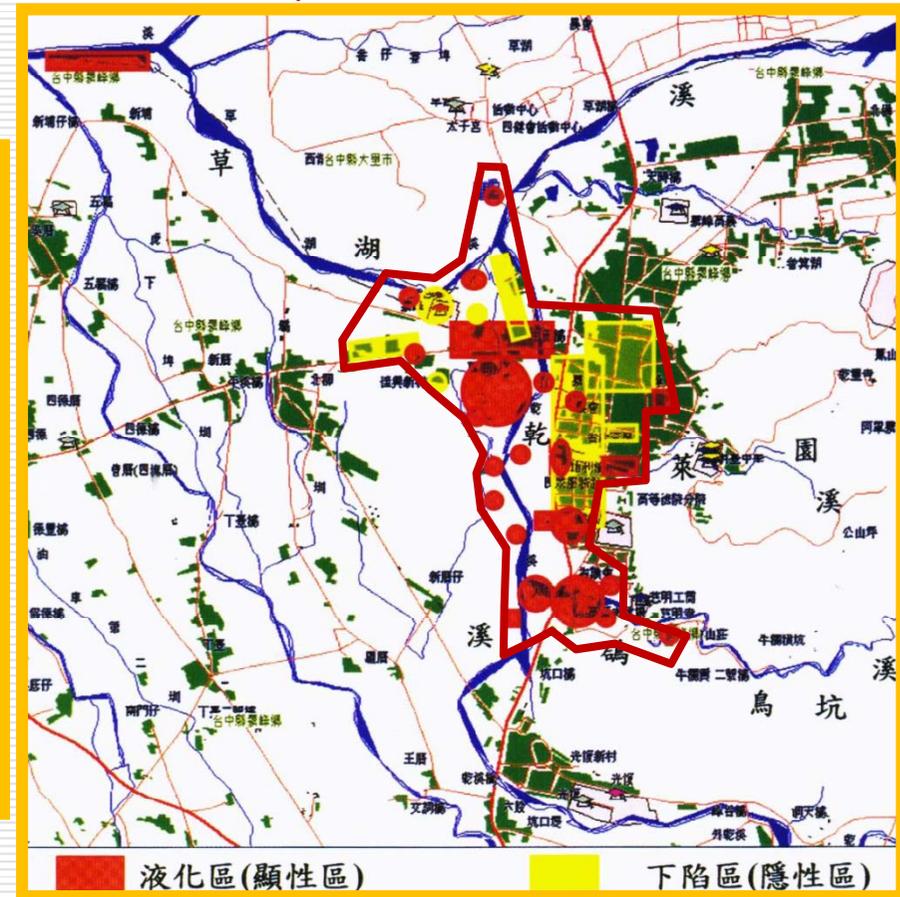
地震引起的損壞-特性

建築結構損壞



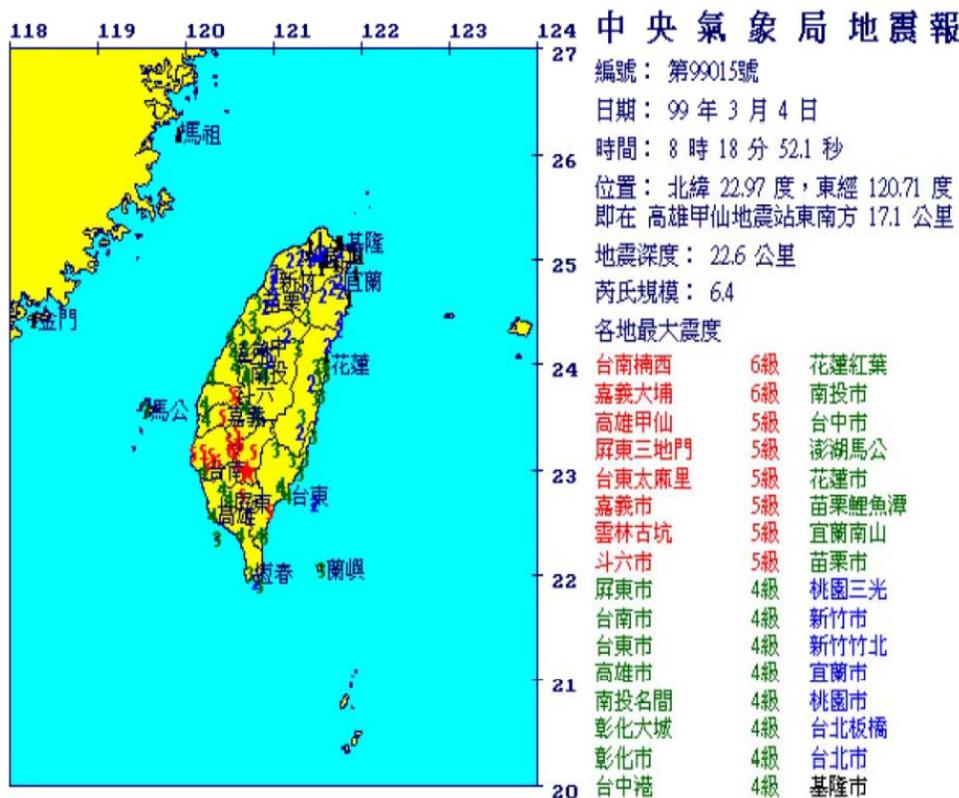
特性: 單一 建築

土壤液化



特性: 區域性、大範圍、具重覆性

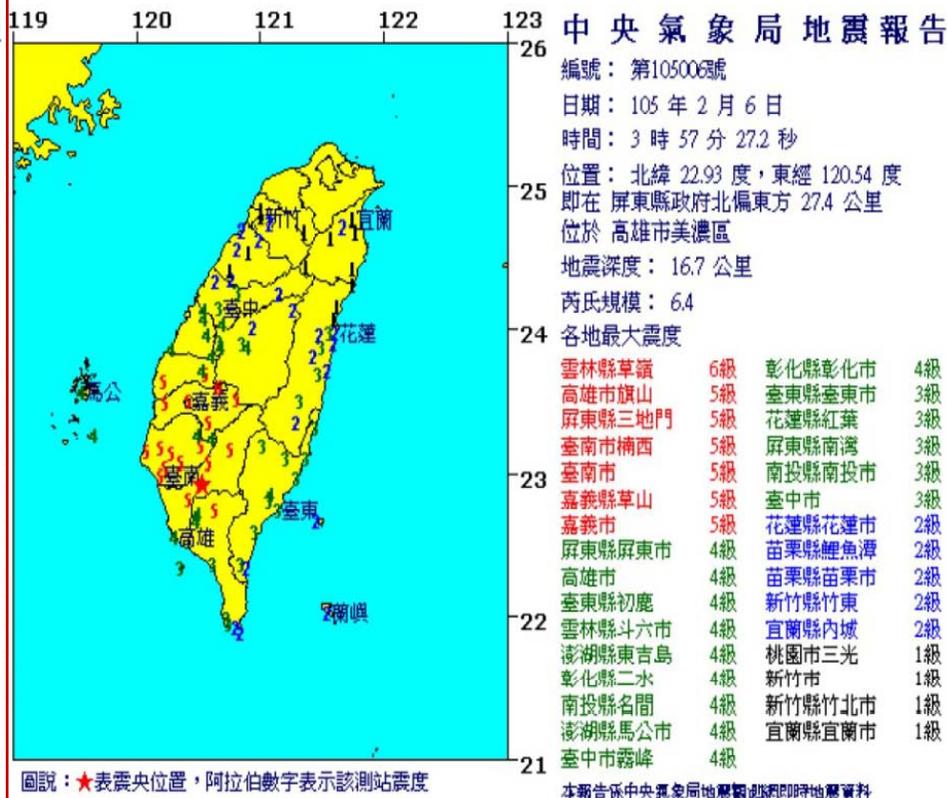
地震引起的土壤液化具重覆發生的特性



圖說：★表震央位置，阿拉伯數字表示該測站震度

2010/03/04 桃源(甲仙)地震

玉里國中最大地表加速度約184 gal



圖說：★表震央位置，阿拉伯數字表示該測站震度

本報告係中央氣象局地震資訊即時地震資料地震通報之結果。

2016/02/06 美濃地震

玉里國中最大地表加速度約220 gal

$1g=980\text{cm}/\text{sec}^2$ ， $1\text{gal}=0.98\text{cm}/\text{sec}^2$ 。 $1\text{gal} = 1/1000 g$ 。

地震引起的土壤液化具重覆發生的特性



20160206 美濃地震台南新化北勢里土壤液化

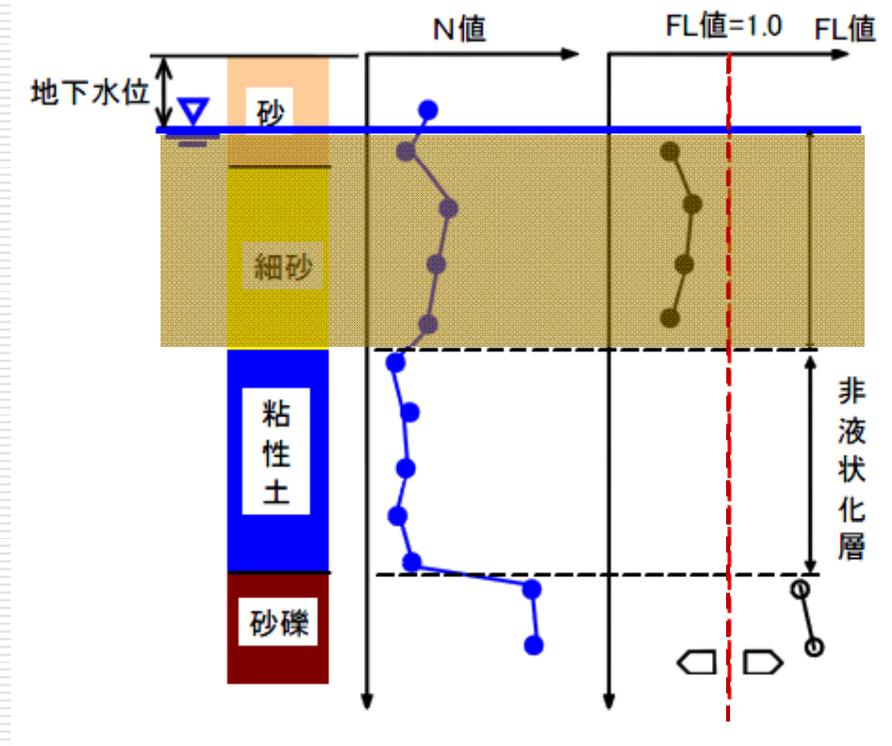
地震引起的損壞-原因

建築結構損壞



原因:設計不佳
施工不良
使用不當造成

土壤液化



原因:地質調查不確實
未針對抗液化設計

地震引起的損壞-損失

建築結構損壞



損失:生命及財產

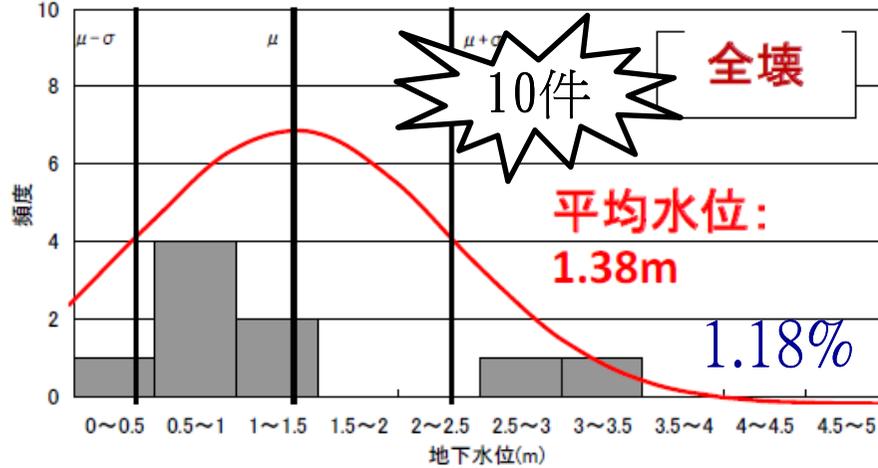
土壤液化



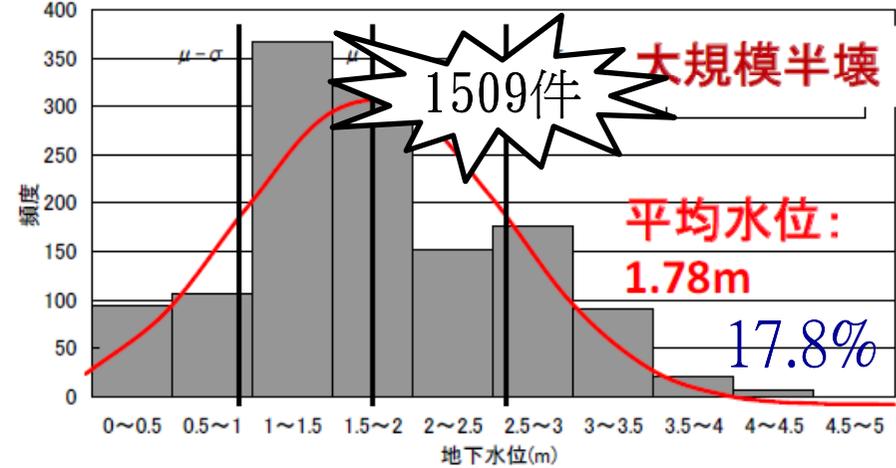
損失:財產及維生機能受損

土壤液化對建築物的損害

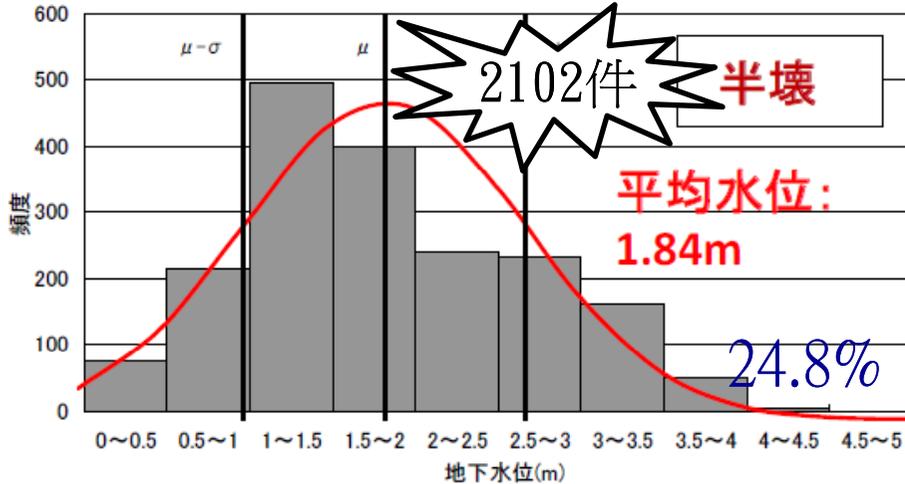
平均值 μ 1.378
 標準偏差 σ 0.965
 データ数 n 9



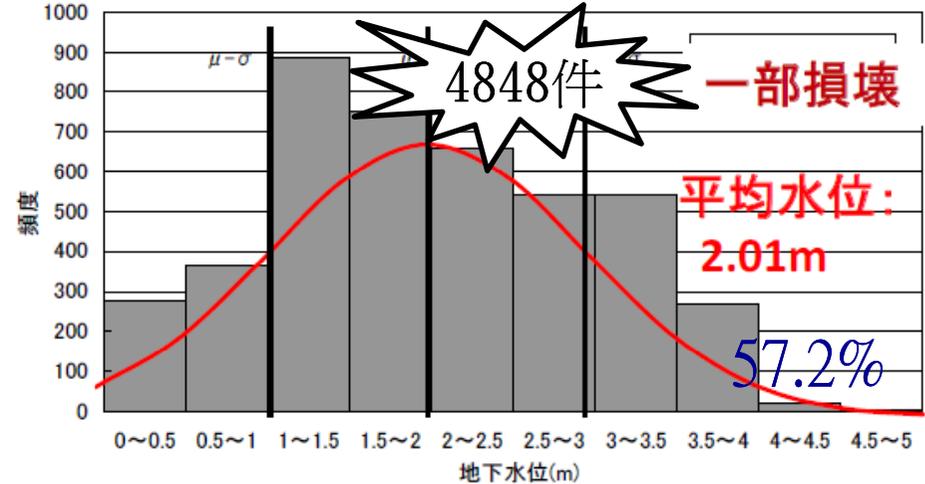
平均值 μ 1.776
 標準偏差 σ 0.827
 データ数 n 1336



平均值 μ 1.836
 標準偏差 σ 0.846
 データ数 n 1873



平均值 μ 2.007
 標準偏差 σ 0.949
 データ数 n 4305



台灣近代土壤液化

民國88年9月21日 921集集地震
地震規模7.3

PGA 彰化 0.19~0.22g

南投、台中 最高0.6~0.7g

民國99年3月4日 0304桃源地震
地震規模6.4

PGA 0.1~0.15g

民國105年2月6日 0206美濃地震
地震規模6.4

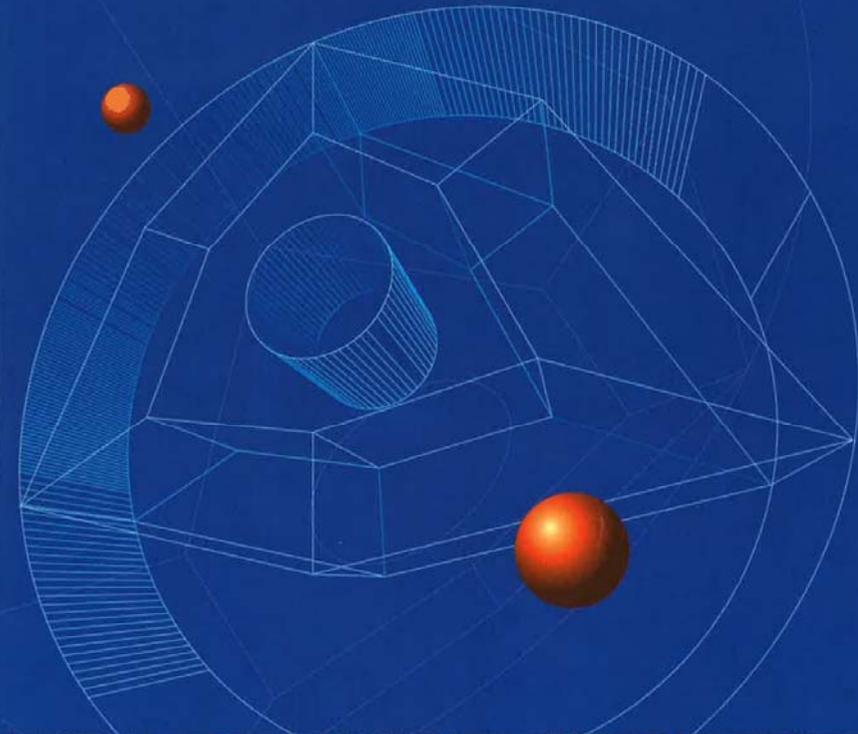
PGA 0.15~0.24g

921地震

0206美濃地震

液化區基礎修復補強工法

周功台等 編著



科技圖書 總經銷

液化區 基礎修復 補強工法對策說明書



中華民國大地工程技師公會 發行
Taiwan Professional Geotechnical Engineers Association



圖 3-1 921 集集大地震液化災害案例分佈圖
(國家地震工程研究中心，2000)

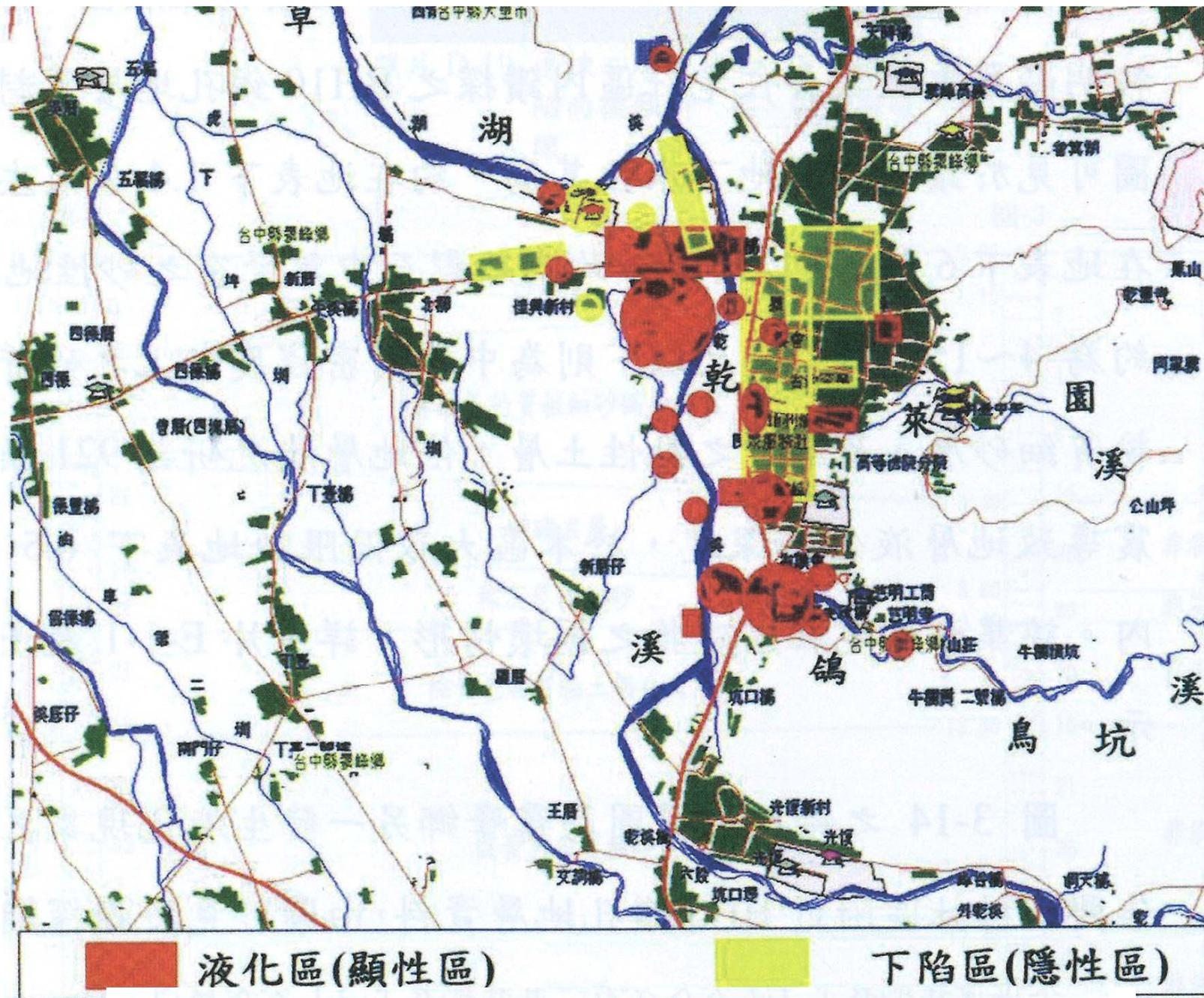
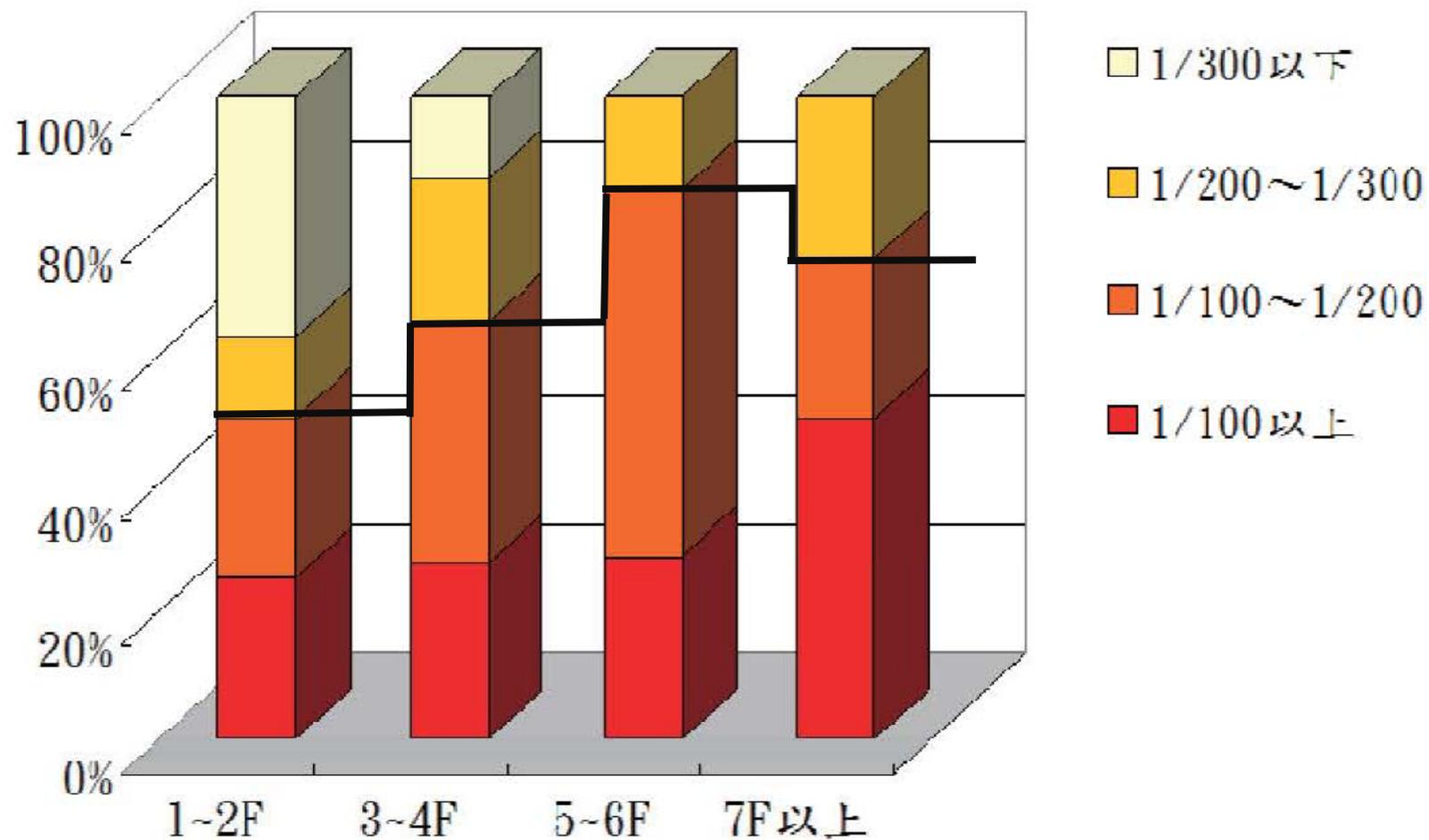


圖 3-12 台中霧峰鄉土壤液化及下陷區(褚炳麟等人，2000)

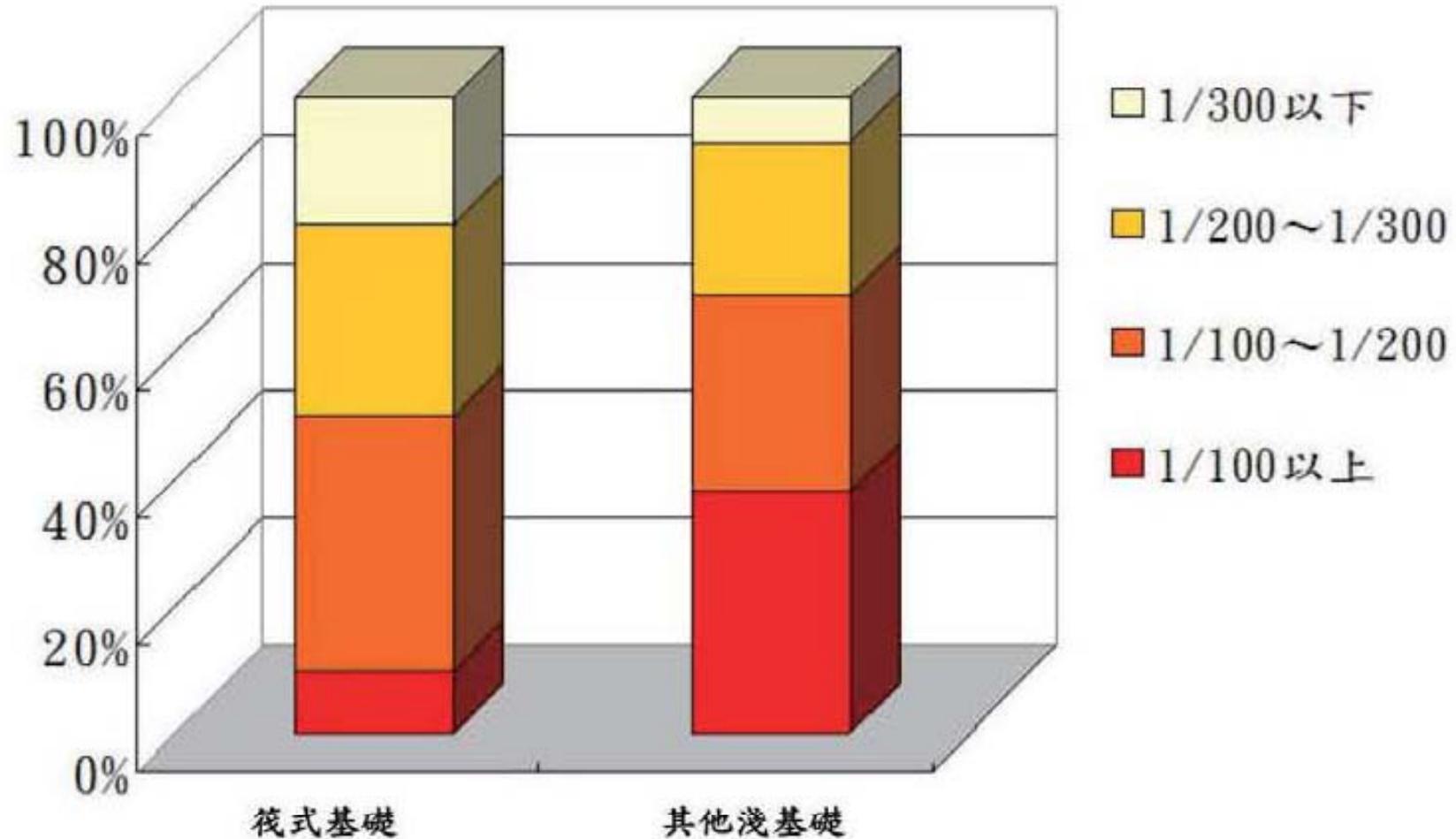
樓層數與建物傾斜損壞程度之關係圖

(內政部建築研究所，2001)



3~4層之基礎型式與建物傾斜損壞程度之關係圖

(內政部建築研究所，2001)



921地震後，**液化諮詢服務站**是由當時行政院蔡清彥政務委員向災後重建推動委員會提出，提供土壤液化受災戶有關**建物基礎修護補強**之諮詢，是台灣第一次針對土壤液化災區投入大量專業人力協助重建，也初步建立了地震後大規模土壤液化災害救治諮詢機制。

	地點	現場勘查服務 案件	服務諮詢 案件	總服務件數
員林 液化站	員林鎮	45	5	50
	社頭鄉	22	0	22
南投 液化站	南投市	67	21	88
	霧峰鄉	50	0	50
合	計	184	26	210



圖 20 台南地區 1994 年 9 月 1 日 00:04 桃源地震震源區分布圖

土壤液化相關規定歷程

內政部 函

0206美濃地震

地址：10556臺北市八德路2段342號（營建署）

聯絡人：

聯絡電話

電子郵件：102056@cpami.gov.tw

傳真：02-87712709

受文者：中華民國大地工程技師公會

1. 3月14日公開初級液化潛勢圖資
2. 建議潛勢區公告應有配套措施及設立液化工作站
3. 配合安家固園計畫-液化潛勢中級圖資建置

主旨：檢送105年2月15日「研商如何強化建築物施工管理」會議

紀錄1份，請查照。

正本：中華民國全國建築師公會、中華民國土木技師公會全國聯合會、中華民國結構工程技師公會全國聯合會、中華民國大地工程技師公會、中華民國不動產開發商業同業公會全國聯合會、內政部建築研究所

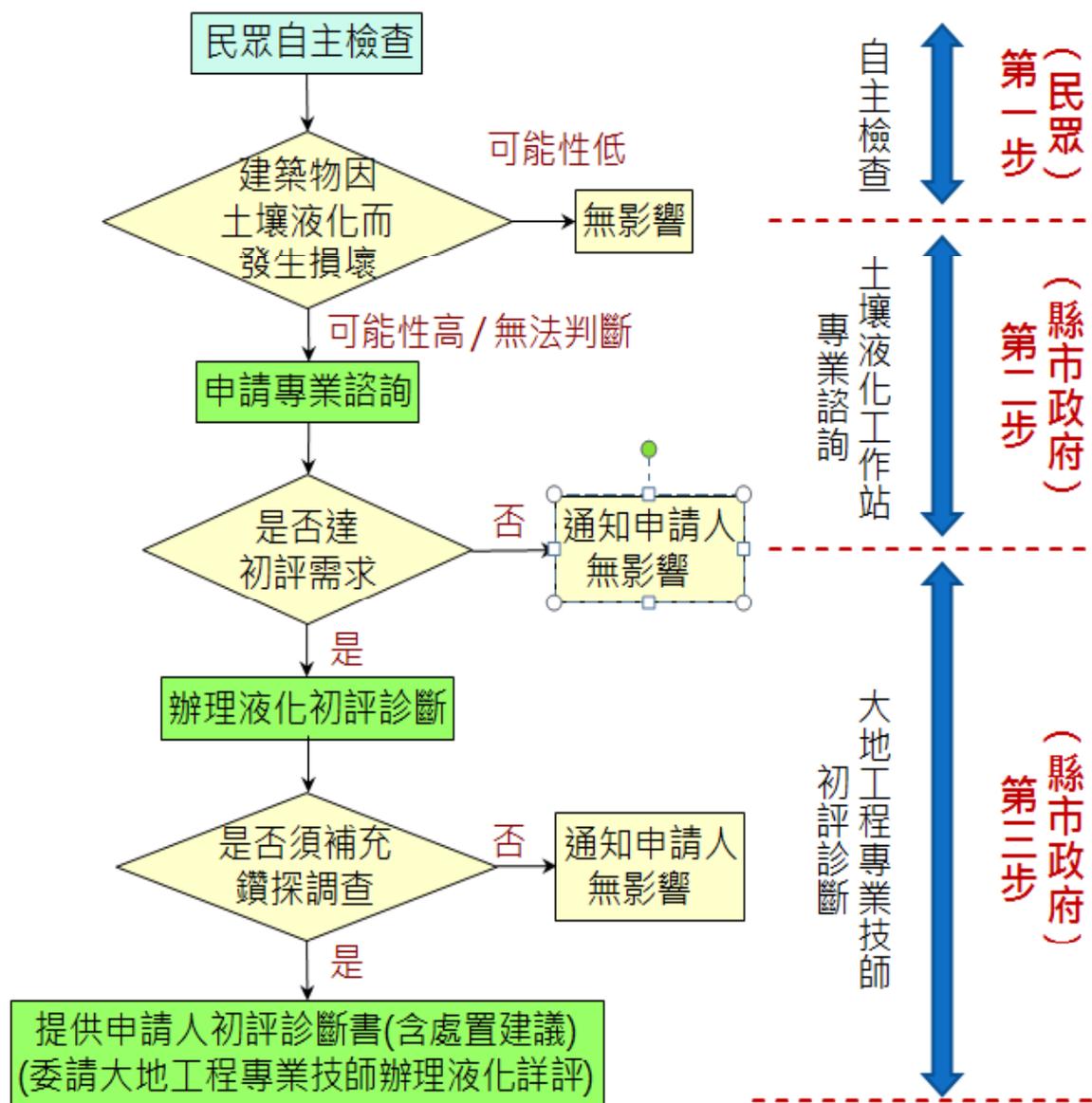
副本：本部陳部長威仁、陳政務次長純敬、邱常務次長昌嶽、林常務次長慈玲、黃主任秘書麗馨、陳參事肇琦、歐專門委員正興、營建署國民住宅組、管理組、建築管理組高組長文婷、樂副組長中丕、建築管理組（楊簡任技正哲維、陳科長威成）

（均含附件）

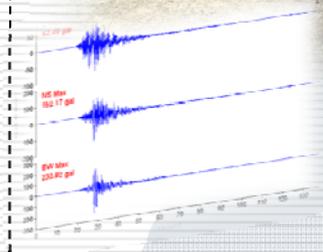
電話: 02-04
交 09 換: 14 章

Q 我家會土壤液化，怎麼辦？

- 內政部營建署配合土壤液化潛勢區公告，擬定因應對策及作業流程，短期分為(1)自主檢查；(2)土壤液化工作站及(3)初評診斷等因應對策；中長期將依規定補助及協助低利貸款進行基礎及耐震補強等因應對策，供民眾依循。



土壤液化之因應對策



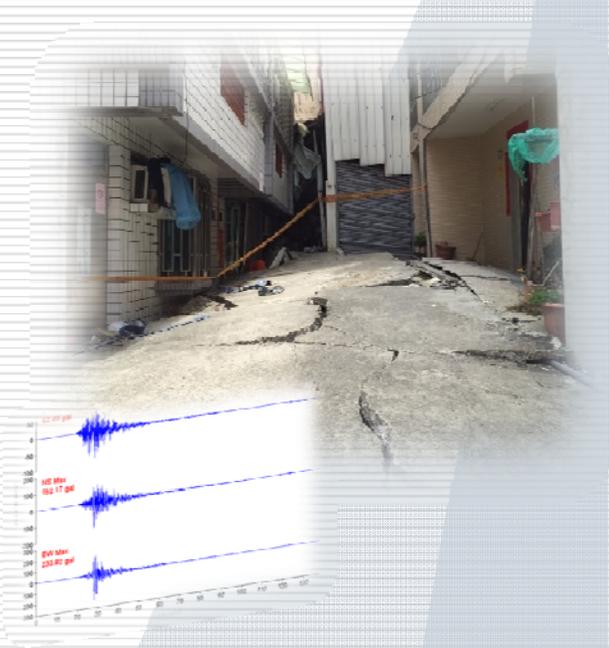
Q 我家會土壤液化，怎麼辦？

- 內政部營建署配合土壤液化潛勢區公告，擬定因應對策及作業流程，短期分為(1)自主檢查；(2)土壤液化工作站及(3)初評診斷等因應對策；中長期將依規定補助及協助低利貸款進行基礎及耐震補強等因應對策，供民眾依循。

• 簡易自主檢查（建築物符合下列任一項，表示因土壤液化而發生損壞的可能性低）：

- 非屬位於中、高土壤液化潛勢區之建築物
- 88年12月29日修正『建築物耐震設計規範與解說』後所設計之建築物
- 建築物具有地下三層以上地下室
- 建築物基礎型式採用樁基礎
- 建築物基礎為筏式或版基礎，樓高不超過3樓
- 建築物基礎座落於非液化地層（如黏土層、卵礫石層、岩盤等）

土壤液化 之因應對策

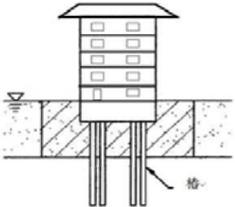


內政部營建署

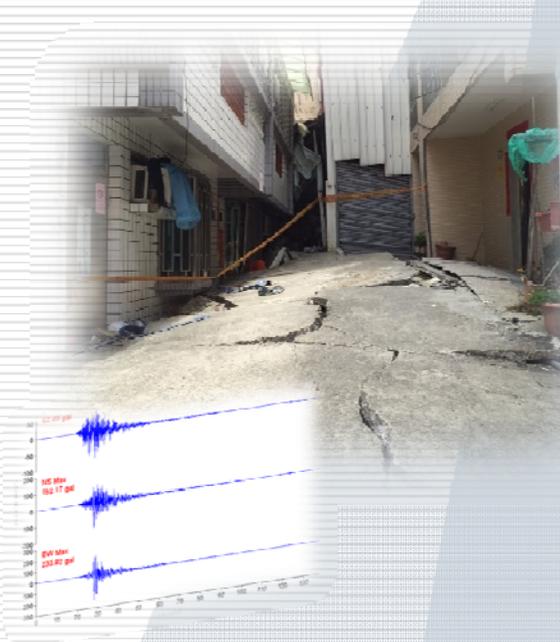


中華民國大地工程學會

附表一 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，通常不需要太擔心土壤液化的問題！		
<input type="checkbox"/>	非位於中度、高度土壤液化潛勢區之建築物。 說明：非位於中度及高度土壤液化潛勢區者，液化潛能極低。		
<input type="checkbox"/>	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。 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需進行液化潛能評估並納入耐震設計中。		
<input type="checkbox"/>	地下室三層(含)以上之建築物。 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。		
<input type="checkbox"/>	採用樁基礎之建築物。 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。		
<input type="checkbox"/>	地上三層(含)以下，採用筏式或版式基礎。 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。		
<input type="checkbox"/>	基礎下方已無會產生液化地層之建築物。 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。		
參考圖示			
	樁基礎	筏式基礎	版式基礎

土壤液化 之因應對策



土壤液化潛勢區液化初評診斷書

附表三 土壤液化潛勢區液化初評診斷書

診斷內容

編號		初評日期	
門牌號碼 (全部)			
申請人	<input type="checkbox"/> 單一建築所有權人 或 <input type="checkbox"/> 管理委員會 (主任委員或負責人) 或 <input type="checkbox"/> 每幢(棟)所有權人 1/2 以上委託代表人	姓名	
		身份證字號	
		聯絡地址	
		聯絡電話	電話： 手機：
		電子信箱	
大地技師(1)		連絡電話	
大地技師(2)		連絡電話	
建築物 型式	地上 層 地下 層	基礎型式	
現況照片(依實際內容增減頁次)			
1. 建築物全景		2. 立面照片(外牆目視是否異常傾斜)	
3. 基礎與室外地面交接處照片		4. 室內地坪與柱位交接處照片	
訪談(依實際內容增減頁次)			
1. 921 地震時是否有發現基礎或地坪異常現象或損壞			
2. 曾因地震發生室外地坪下陷或其他損壞			
3. 其他基礎或地坪異常現象或損壞			

診斷內容(依實際內容增減頁次)	
1. 建築執照日期(或設計完成年度)：	
2. 建築物基礎及擋土措施平面圖：(掃瞄或照相張貼) 基礎型式： <input type="checkbox"/> 筏式基礎/深度：_____m <input type="checkbox"/> 樁基礎/深度：_____m <input type="checkbox"/> 聯合基腳/深度：_____m <input type="checkbox"/> 採獨立基腳/深度_____m <input type="checkbox"/> 其他_____	
開挖擋土措施： <input type="checkbox"/> 連續壁/深度：_____m <input type="checkbox"/> 排樁 間距：_____m、樁徑：_____m、深度：_____m <input type="checkbox"/> 其他_____	
3. 地質鑽探報告有無鑽孔柱狀圖及地下水位深度：(掃瞄或照相張貼) 鑽孔柱狀圖： <input type="checkbox"/> 有， 孔、深度_____~_____公尺 <input type="checkbox"/> 無 地下水位深度： <input type="checkbox"/> 有，地表下深度：_____m <input type="checkbox"/> 無	
4. 地質鑽探報告土壤物理性質試驗結果(摘錄)：(掃瞄或照相張貼)	
5. 地質鑽探報告有無地層液化潛能分析：(掃瞄或照相張貼) <input type="checkbox"/> 有(分析結果：具液化土層 <input type="checkbox"/> 有 <input type="checkbox"/> 無) <input type="checkbox"/> 無(或資料不足)	
6. 初步檢視既有鑽探報告及建(使)照基本資料結果：(簡述原因及依據) <input type="checkbox"/> 發生土壤液化而危害建築物安全風險低(直接填具初評診斷結果) <input type="checkbox"/> 應進行下列分析判斷	
7. 判定須進行土壤液化之砂質土層性質： <input type="checkbox"/> 地下水位在地表下 10m 以內，且飽和砂層在地表下 20m 以內 <input type="checkbox"/> 細料含量 $FC \leq 35\%$ 或 $FC > 35\%$ 且塑性指數 $PI < 15\%$ <input type="checkbox"/> 平均粒徑 $D_{50} \leq 10\text{mm}$ 且 10% 粒徑 D_{10} 或 $\leq 1\text{mm}$	
8. 是否屬土壤液化之砂質土層：(簡述原因及依據) <input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否(直接填具初評診斷結果)	
9. 依據既有資料進行初步液化評估(統一採用新日本道路橋液化評估法，日本道路協會, 1996)，包括分析成果摘錄。	
初評診斷結果	
<input type="checkbox"/> 發生土壤液化而危害建築物安全風險低。 <input type="checkbox"/> 既有資料不足，須進一步委託大地工程專業技師進行現場補充土壤鑽探調查與試驗等詳評(述明原因、鑽探孔數、位置及深度，概估鑽探費用)。 <input type="checkbox"/> 應進行必要之補強措施案件，初評技師述明原因，並提報地方縣市政府合併既有住宅結構安全性能詳評後，一併進行必要之基礎補強措施。	

說明：1. 土壤液化潛勢區住宅輔助措施分為(1)住宅自主檢查；(2)土壤液化諮詢服務；(3)現場液化初評診斷等三個階段，本診斷書即為第(3)階段-土壤液化初評診斷書。

2. 本診斷書完成後由大地工程技師公會彙整後統一提送地方主管機關作為後續土壤液化潛勢區住宅輔助措施執行依據。

診斷內容(依實際內容增減頁次)

1. 建築執照日期(或設計完成年度)：
2. 建築物基礎及擋土措施平面圖：(掃瞄或照相張貼)
基礎型式：筏式基礎/深度：____m 樁基礎/深度：____m
聯合基腳/深度：____m 採獨立基腳/深度____m 其他____
開挖擋土措施：連續壁/深度：____m
排樁 間距：____m、樁徑：____m、深度：____m
其他_____
3. 地質鑽探報告有無鑽孔柱狀圖及地下水位深度：(掃瞄或照相張貼)
鑽孔柱狀圖：有， 孔、深度____~____公尺 無
地下水位深度：有，地表下深度：____m 無
4. 地質鑽探報告土壤物理性質試驗結果(摘錄)：(掃瞄或照相張貼)
5. 地質鑽探報告有無地層液化潛能分析：(掃瞄或照相張貼)
有(分析結果：具液化土層 有 無)
無(或資料不足)
6. 初步檢視既有鑽探報告及建(使)照基本資料結果：(簡述原因及依據)
發生土壤液化而危害建築物安全風險低(直接填具初評診斷結果)
應進行下列分析判斷
7. 判定須進行土壤液化之砂質土層性質：
地下水位在地表下 10m 以內，且飽和砂層在地表下 20m 以內
細料含量 $FC \leq 35\%$ 或 $FC > 35\%$ 且塑性指數 $PI < 15\%$
平均粒徑 $D_{50} \leq 10\text{mm}$ 且 10%粒徑 D_{10} 或 $\leq 1\text{mm}$
8. 是否屬土壤液化之砂質土層：(簡述原因及依據)

地調所「土壤液化」
調查工作規劃



土壤液化潛勢區查詢系統

■ 圖幅下載 ■ GIS圖資查詢 ■ 網站連結

| 隱私權保護政策 | 資訊安全政策 | 著作權聲明

經濟部中央地質調查所 © Central Geological Survey, MOEA.

本網站最佳瀏覽解析度為 1024 x 768，建議使用IE 8.0以上版本瀏覽器。

參觀人次：8888888888 最近更新日期：2014-02-22

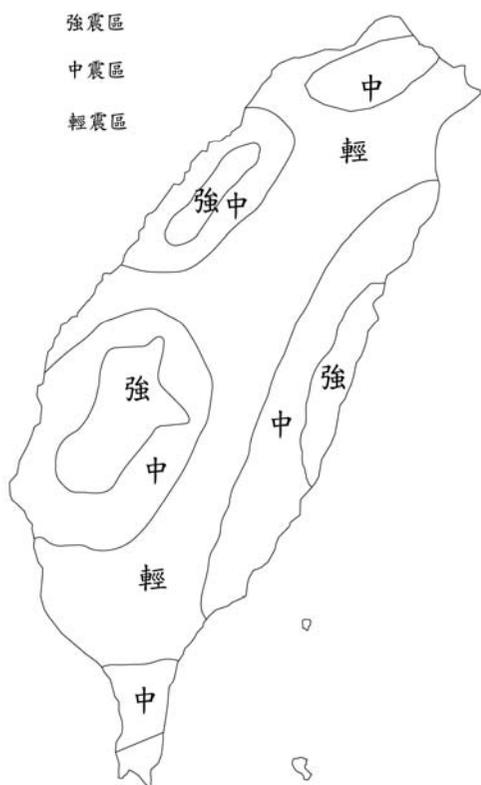
105年3月14日公開

土壤液化之相關規範

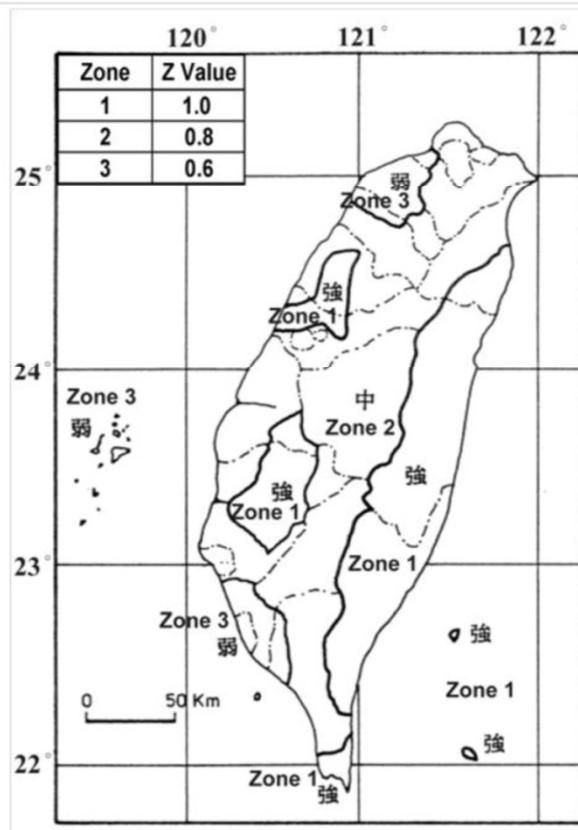
1. 設計最大地表加速度之規定

2. 土壤液化評估之規定

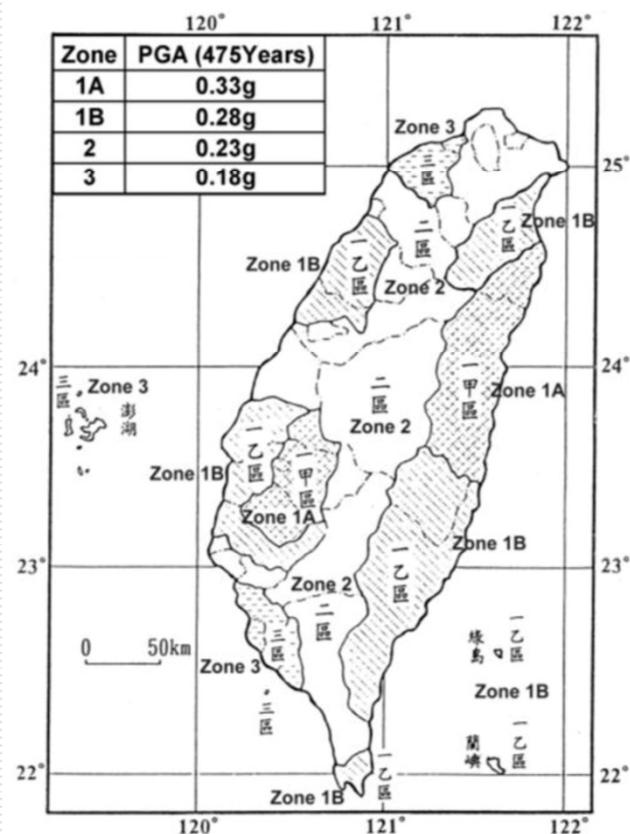
土壤液化之相關規範—設計最大地表加速度之規定



民國63年~71年

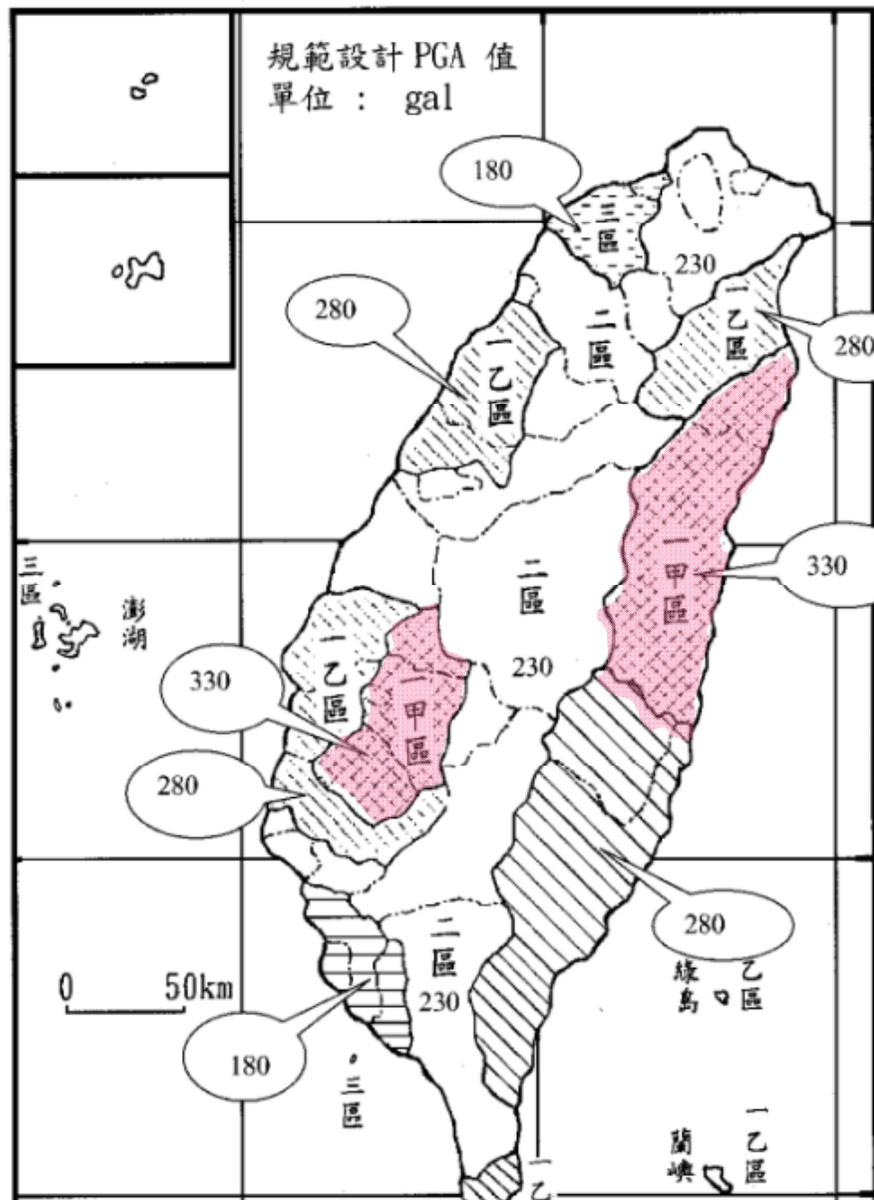


民國72年~86年



民國87年~89年

土壤液化之相關規範



921地震以前台灣地震劃分



88年12月29日以後設計之建築

921地震以後台灣地震劃分

土壤液化之相關規範

1. 設計最大地表加速度之規定

2. 土壤液化評估之規定

土壤液化之相關規範—新建建築之規定

建築物耐震設計規範及解說

內政部八十六年六月六日台(86)內營字第八六七二九五一號函訂頒
內政部八十八年十二月廿九日台(88)內營字第八八七八四七三號函修正

建築物耐震設計規範及解說-88.12.29

第七章 其他耐震相關規定

7.1 建築基地土壤液化潛能評估與土壤參數之折減

可能產生液化之砂質土層，須評估其地震時之液化潛能，並據以折減其土壤參數值。

7.1.1 砂質土層液化潛能之判定

地表面下 20m 以內之飽和砂土層，通過率為 50% 之粒徑 D_{50} 在 0.02mm 至 2mm 間，地下水位面在地表下 10m 以內時，須作液化潛能之評估。

液化之評估由液化抵抗率 F_L 決定之。 F_L 值小於 1.0 時，即判定該土層可能液化。

$$F_L = R/L \quad (7.1)$$

建築物耐震設計規範及解說-88.12.29

7.1.3 建築基地有液化潛能之處理

建築物筏基層以下之土壤，在地表加速度 $\frac{ZIg}{3.5}$ 時，液化抵抗率 F_L 不得小於 1.0。在地表加速度 ZIg 時，容許產生液化，但建築物必須設置適當基礎（譬如樁基礎），並檢核液化後之安全性。

大地震若限制不得液化，地盤改良的費用可能很高，因此容許採用樁基礎，以結構來克服液化。此時基樁有一小段懸空，應依實際情況，以折減後之土壤參數檢核建築物與基礎在液化後是否安全。

建築物基礎構造設計規範-90.10.02

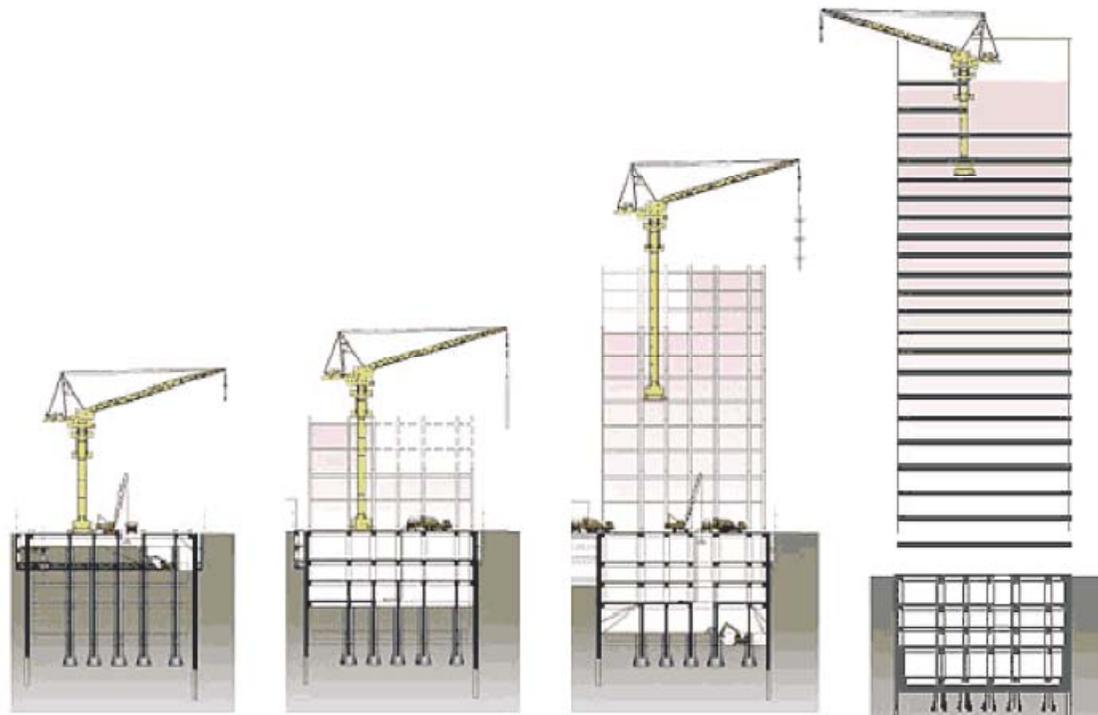
(五) 建築技術規則建築構造編第 64 條規定略以：「……四層以下非供公眾使用建築物之基地，且基礎開挖深度為五公尺以內者，得引用鄰地既有可靠之地下探勘資料設計基礎。……」，為因應土壤液化問題，本部將於近期以函令解釋說明建築基地位於土壤液化高潛勢區下，不得引用鄰地既有資料，仍應依規定辦理地基調查。

主旨：檢送105年3月10日「研商經濟部公開土壤液化潛勢區資料
地方政府應配合事項」會議紀錄1份，請查照。

說明：依據本部105年3月9日台內營字第1050803458號開會通知
單續辦。

高液化潛勢區 最可能受土壤液化影響之既有建築物

1. 88年12月29日『建築物耐震設計規範與解說』公告以前，地下室開挖較淺且無適當抗土壤液化措施之建築物。
2. 88年12月29日『建築物耐震設計規範與解說』公告以後，**四層樓以下非供眾使用之建築物。**



高液化潛勢區對高中職及國中小校舍之可能影響

1. 已依98至100年、101年度、102至105年度國中小校舍耐震能力評估、補強及設施設備改善計畫，完成結構補強且現有鑽孔可供參考者，應優先進行基礎抗液化檢核。
2. 現有高中職及國中小校舍未有鑽探可供檢核者應，優先納入示範區計畫進行補充地質鑽探、基礎抗液化檢核及必要之基礎設施改善。

「安家固園計畫」-液化圖資建置及鑽探品質提昇

6年「安家固園計畫」

行政院長張善政…，對於6年500億元的「安家固園計畫」，他會在任內核定：

1. 「安家固園計畫」草案主要補助地方進行中級精度土壤液化潛勢地圖、土壤地質改善示範計畫，經費120億元；補助私有老舊住宅耐震評估的初估及詳評，經費160億元；共280億元由中央特別統籌分配稅款支應。
2. 在詳評後，若認為老舊房子確有拆除重建必要，或須採整建維護補強工程，總經費約220億元，經費由房地合一稅支應，行政院將先執行2年。

目的-配合政府政策

行政院105年4月29日『安家固園計畫』

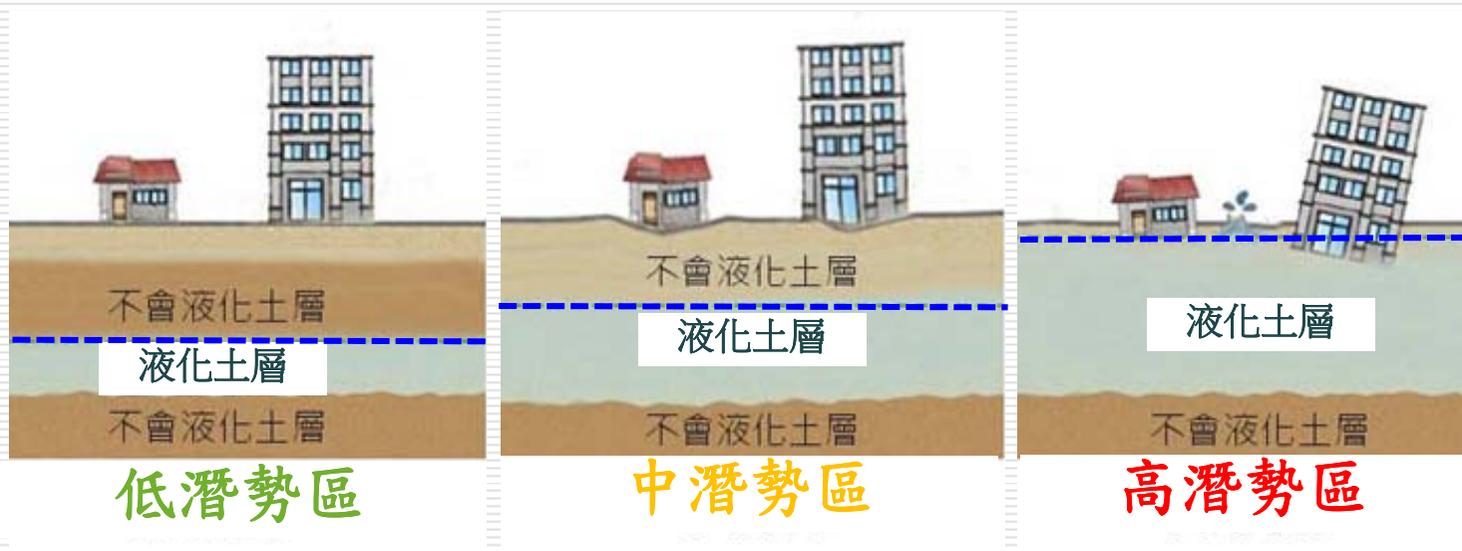
前行政院張院長善政(105/05/05)

『…，也請內政部與經濟部全力協助地方政府執行中級精度的鑽探計畫，…，期盼該計畫執行數年後，能讓國內的鑽探產業達到國際水準。』

『…，請地方政府除了建置中級精度地質鑽探資料外，也落實督導工程建設，確保鑽探品質。』

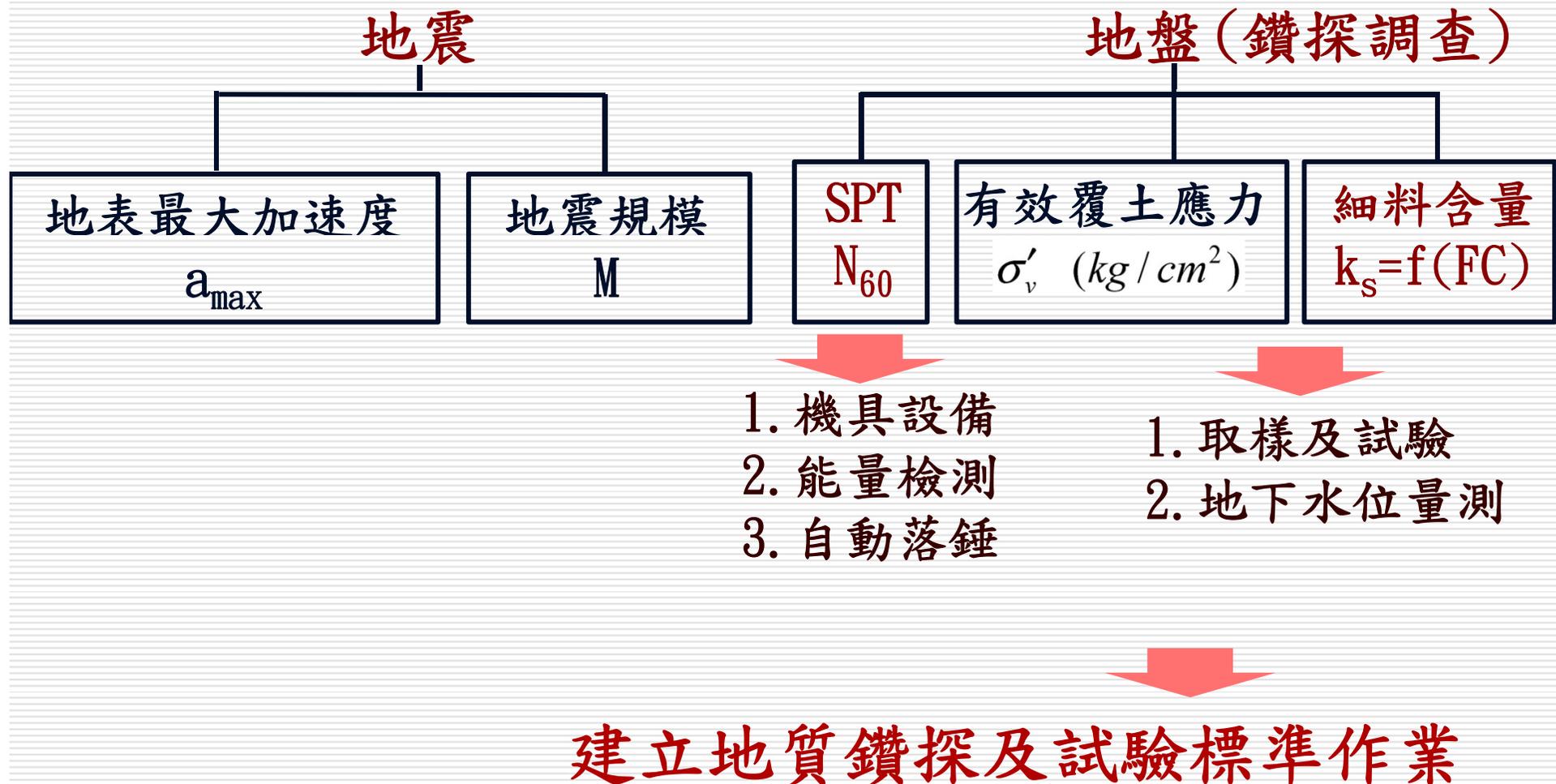
土壤液化條件

1. 砂性土壤(地表下20公尺以內)
2. 高地下水
3. 地震力



目的-正確的技術與品質

HBF 土壤液化評估法

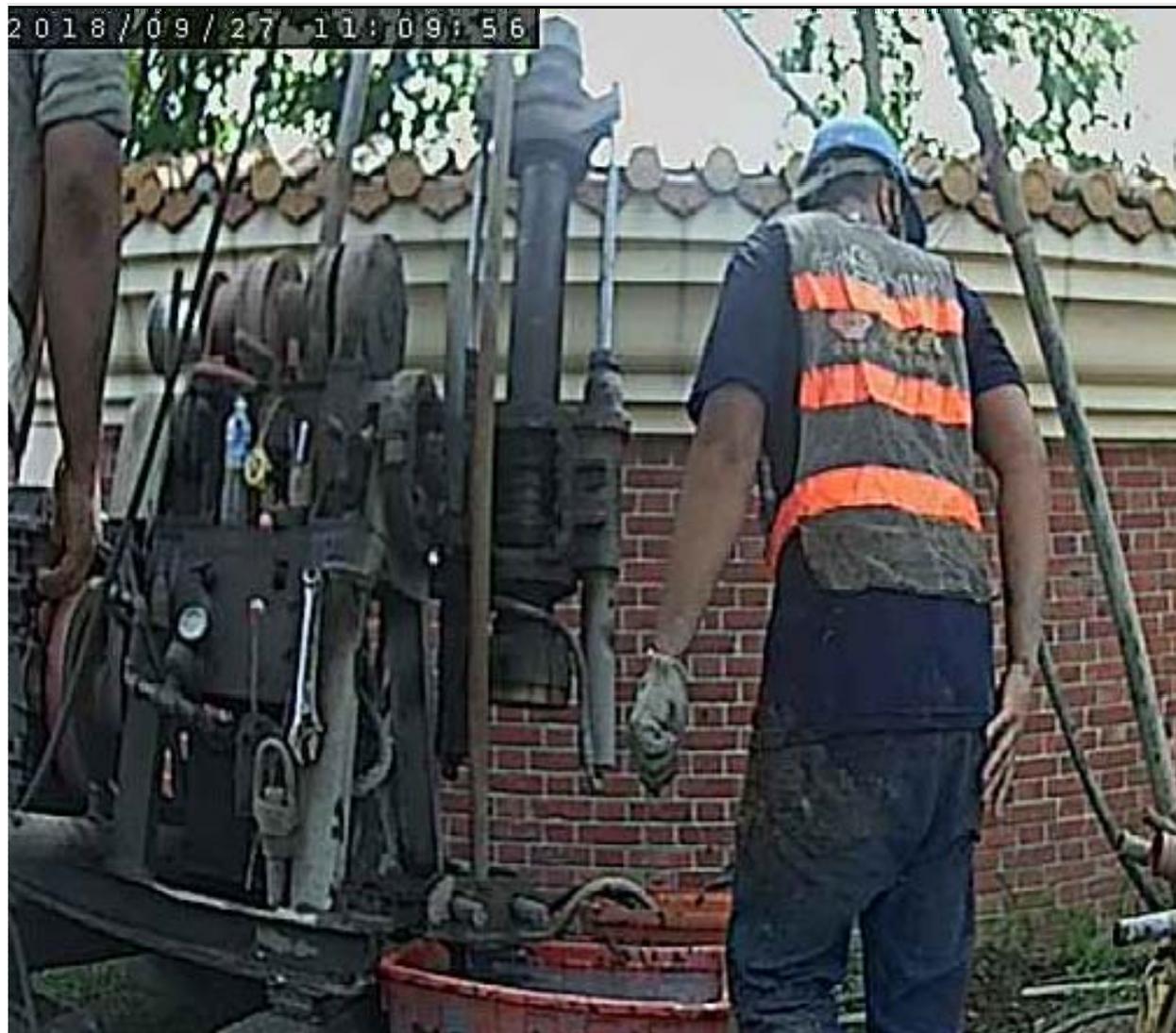


進場前 - 辦理現場標準作業程序示範講習



即時影像監督

查核鑽探及試驗過程-即時影像傳輸



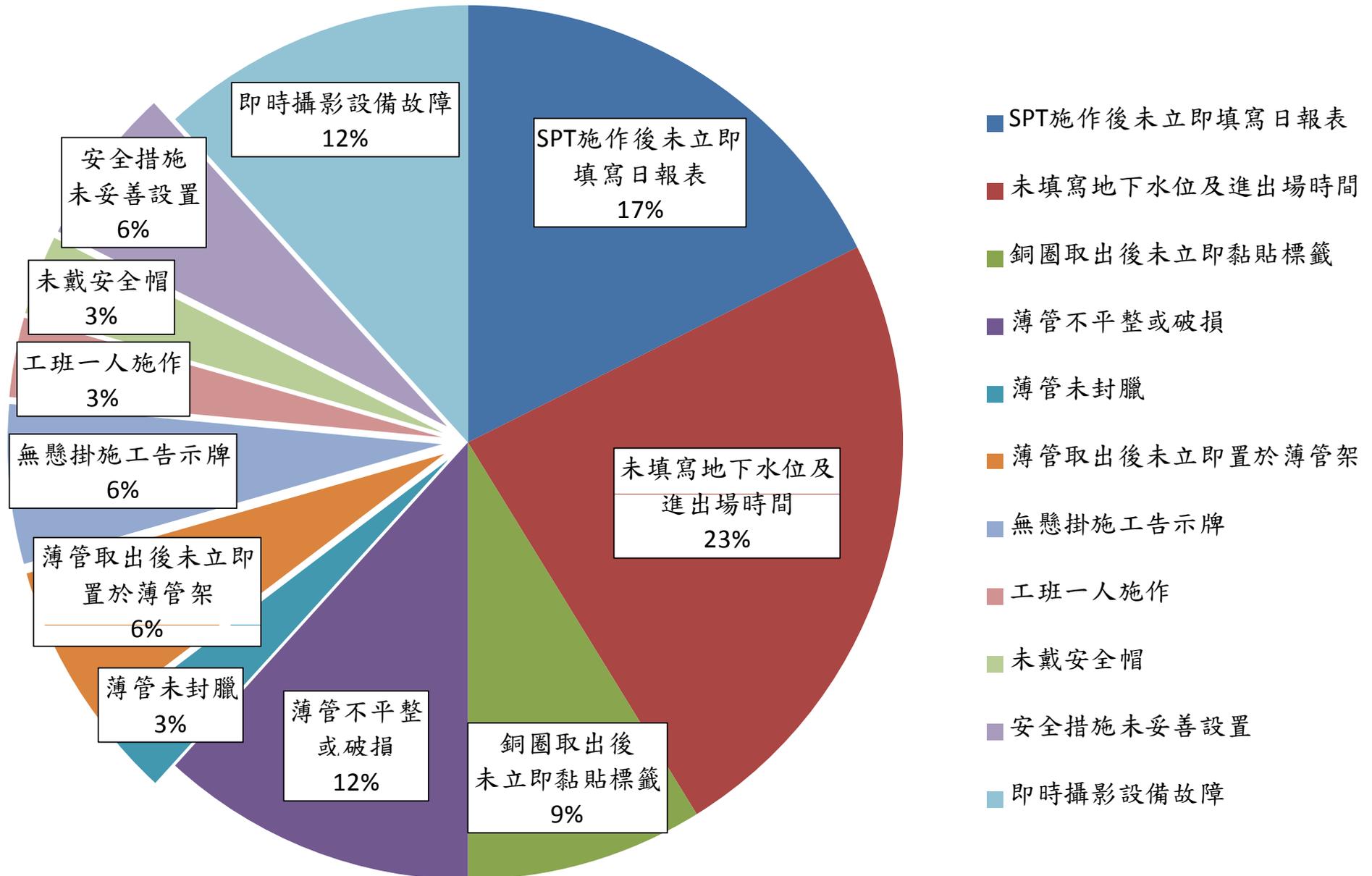
1. 主採購案廠商每日早上先回報當天施工機號及位置。

2. 接著由主採購案廠商現場監工人員，逐一查核各部機組現場安全防護措施及影像傳輸功能後，立即回報市府及總顧問。

3. 第二天中午12:00前應於資訊平台系統，完成前一天所有鑽探紀錄及勞安檢查資料登錄。



現場常見缺點



最終目的-取得可信任的調查及分析成果

計畫名稱		現場調查				試驗				鑽孔編號	分析方式				分析成果						
國家地震工程研究中心		分析單位(人員)				分析地下水位				XZ038	HBF (2012)				座標(TWD97) x: 295985 y: 2769941						
深度(m)	柱狀圖	SPT-N值	計算深度(m)	基本資料				中小地震PGA=0.07; Mw=7.1				設計地震PGA=0.24; Mw=7.3				最大地震PGA=0.32; Mw=7.5				安全係數(FS)	
				N值	γ (kN/m ³)	σ_v (kPa)	σ_v' (kPa)	FC (%)	CRR	CSR	FS	LPI	CRR	CSR	FS	LPI	CRR	CSR	FS		LPI
0																					
1			1.6	7	19.3	31.7	27.9	73	-	-	3.0	0.0	-	-	3.0	0.0	-	-	3.0	0.0	
2			2.8	3	19.4	53.7	38.7	87	-	-	3.0	0.0	-	-	3.0	0.0	-	-	3.0	0.0	
3			4.3	4	18.4	82.1	52.4	88	-	-	3.0	0.0	-	-	3.0	0.0	-	-	3.0	0.0	
4			5.8	3	17.1	108.7	64.3	55	0.11	0.07	1.5	0.0	0.10	0.25	0.4	6.2	0.10	0.33	0.3	7.5	
5			7.3	3	18.5	135.4	76.3	75	0.11	0.07	1.4	0.0	0.10	0.26	0.4	5.7	0.10	0.34	0.3	6.8	
6			8.8	5	19.2	164.7	90.4	97	0.12	0.08	1.6	0.0	0.12	0.26	0.5	4.9	0.11	0.35	0.3	6.1	
7			10.4	7	18.9	194.3	104.8	54	0.13	0.07	1.7	0.0	0.12	0.26	0.5	3.8	0.12	0.34	0.3	4.7	
8			11.8	5	19.7	222.3	118.6	78	0.12	0.07	1.6	0.0	0.11	0.25	0.4	3.2	0.11	0.33	0.3	3.9	
9			13.3	9	18.7	250.2	132.2	96	0.15	0.07	2.1	0.0	0.14	0.24	0.6	2.1	0.13	0.32	0.4	2.9	
10			14.8	8	20.3	279.5	146.8	95	0.13	0.07	2.0	0.0	0.13	0.22	0.6	1.7	0.12	0.30	0.4	2.3	
11			16.3	8	18.3	308.4	161.1	98	-	-	3.0	0.0	-	-	3.0	0.0	-	-	3.0	0.0	

錯誤率大於5%(以孔計)時要求主採購廠商
應自行委由第三公正單位逐筆檢核

專業技師:

計算人員:

結語

1. 政府的重視及民眾的認知已有不同
2. 學術機構對地震後液化的調查及資料建置已漸規模
3. 鑽探品管及技術再提升
4. 各單位開始重視資訊平台的管理及應用
5. 期望對未來提供建築管理及液化災害防治重要資訊

感謝聆聽