

污水處理震災之改善措施與緊急應變對策

張添晉¹ 陳志豪² 周芷玫² 李文聖³

摘要

近年來由於地震頻傳，許多公共設施遭破壞，受災市鎮的都市機能也顯著下降。921大地震，與污水處理息息相關之下水道設施，也遭受到極大的破壞，目前已進行 CCTV 之檢視中；而污水若未經處理即排入承受水體，除降低整體環境品質外，甚至會爆發大規模的傳染病，因此如何建立一套有關污水處理設施之緊急應變對策乃當務之急。

本文首先就震災發生時，對污水處理設施造成之損害模式進行評析，並對下列單元提出緊急應變措施：

1. 污水處理單元：抽水站、攔污柵、沈砂池、終沈池及生物處理單元。
2. 污泥處理單元：污泥運輸及搬運、消化、脫水、儲存及焚化。
3. 管線之災害對策：管線破壞之影響模式及補強對策。

此外，平日宜成立緊急應變小組以利於震災時採取緊急應變措施，在污水廠處理設施遭受破壞後，立即處理超出負荷之污水量，期望以完善預防措施和有效之緊急應變對策將震災對污水設施造成之影響降至最低。

一、前言

地震所帶的震撼，在去年中部 921 大地震發生當時，國人已有深刻的體驗；也許僅僅只有幾秒鐘的光景，但卻為生命財產帶來莫大的威脅，甚至造成無法彌補的損失。地震對於地下管線及地面建築物帶來極大傷害，而污水處理設施更是難以倖免，位於地震帶上的設施皆受到程度不一的破壞；地震的發生與否控制，唯一能做的是加強預防，一切可能發生的狀況，在事前做好萬全的準備，一旦地震發生能夠從容不迫的依據平日所受的訓練，處理各種緊急的狀況。

對於污水處理設施而言，緊急應變系統的建立更是重要，因為一旦污水處理系統無法

處理都市的污水，勢必對整個環境帶來莫大的危害；而災區本身的生活衛生條件地震後就趨於惡化，若再加上管線破壞及污水停擺，則環境無疑是雪上加霜，並有爆發大規模傳染病之虞。因此必須充分瞭解地震對污水處理設施可能產生的損害，在事前先予以進行補強；並在地震發生時，成立緊急應變小組，以解決突發的狀況，以期將地震之災害降至最低。921 大地震是一段慘痛的回憶，未來應持續吸取他國寶貴的經驗，以助於日後更有效的預防地震災害的發生。

二、文獻回顧

日本阪神淡路大震災調查報告中提出，為了恢復受災地區民眾之健康與福祉，主要以下列五項為補救之原則：

1. 消化系統傳染病之預防。
2. 預防淹水的措施。
3. 確保公共用水之水質。

1. 國立台北科技大學土木與防災所副教授
2. 國立台北科技大學環境規劃與管理所
碩士班研究生
3. 國立台北科技大學環境規劃與管理所
專任助理

4. 改善生活用水（廁所用水）。

5. 確保都市水資源之永續發展。

上述五項原則中，以確保都市水資源之永續發展逐漸受到重視；而當中各項原則中認一項遭受災害會造成生活上極大的不便甚至會帶來二次災害。

日本災後的調查報告以下水道管渠、抽水場、最終處理場及污泥處理設施為主要調查的項目；同時大部分下水道式採取合流式、分流式，或合流式和日本分流式併用的方式加以設

計。因此，進行復原的工作更是複雜困難。針對縣市內原有的污水處理設施進行調查工作，更分為三個階段，以供政府作為災後復原的參考依據：

1. 災後復舊第一階段（緊急措施）
2. 災後復舊第二階段（緊急復救）
3. 災後復舊第三階段（永久性復舊）

地震震後下水道設施復舊之流程如圖1所示。

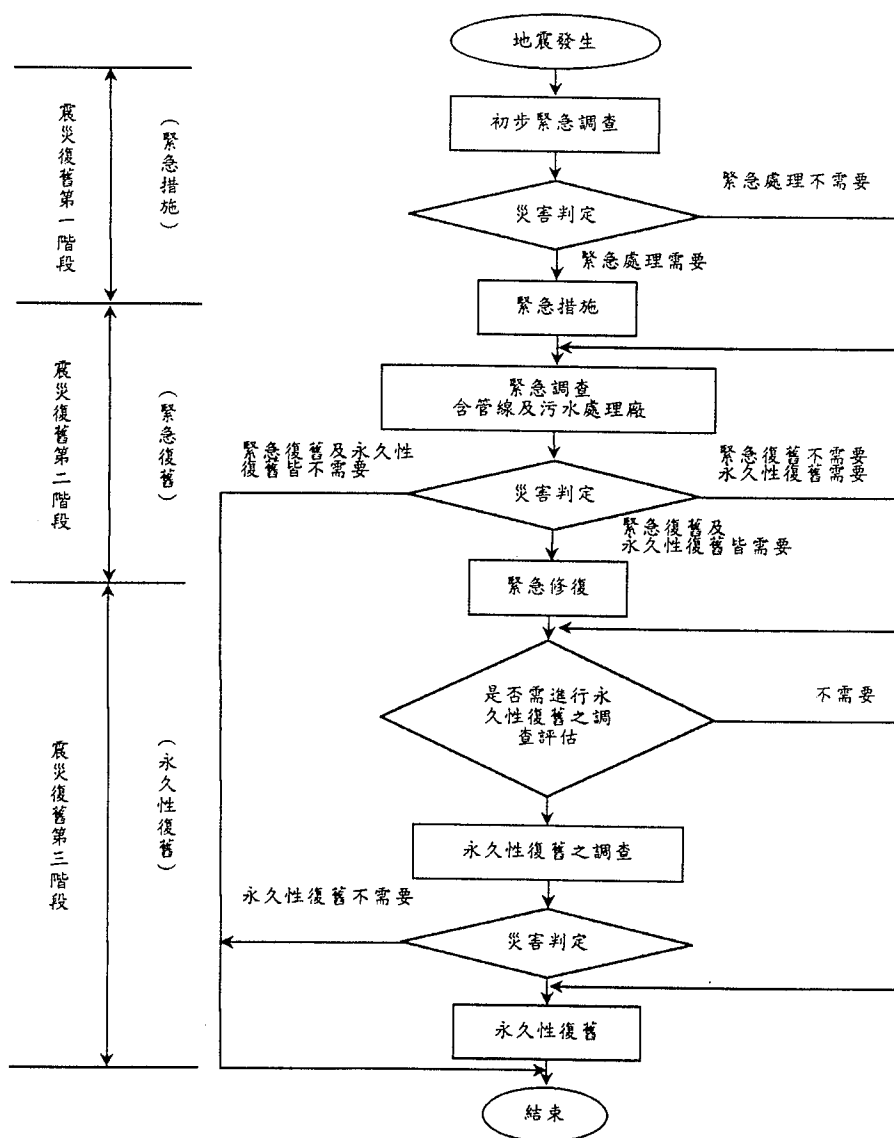


圖1 地震震後下水道設施復舊之流程

三、污水處理設施之震害及改善對策

一般而言，污水處理系統可分為數個處理單元，就處理程序、方法及目的整理如表 1 所示。

表 1 污水處理單元處理程序

處理程序	預先處理	初級處理	二級處理	三級處理	消毒	最終處置
處理方法	1. 攔污柵 2. 沈砂池 3. 磨碎機 4. 油脂分離 5. 調和池	物理方法 1. 沈砂池 2. 浮除池 化學方法 1. 中和處理 2. 混凝沈澱	1. 活性污泥法 2. 滴濾池 3. RBC 法 4. 污水塘 5. 生物床法	1. 逆滲透 (RO) 2. 超過濾 (UF) 3. 活性炭吸附 4. 離子交換 5. 脫硝及氨氮提法 6. 冷凍法 7. 蒸發法	1. 加氯消毒 2. 臭氧消毒	1. 水再利用 2. 排入河川 3. 海洋放流 4. 地下水補注
處理目的	去除水中之 1. 大塊漂浮物 2. 重之無機物 3. 過量油脂	1. pH 調整 2. 去除懸浮物質	去除溶解性易為生物分解之有機物	去除 1. 難分解有機物 2. 營養鹽類 3. 微量無機鹽微生物	去除 1. 致病菌 2. 生物體	1. 水資源回收利用 2. 固體物之廢棄或利用

震災發生時對各項污水處理設施皆有程度不一的損害。由於污水處理系統之各項處理單元間有著環環相扣密不可分的關係，若當有一項處理單元受到地震的影響而損壞，即對其他設備造成影響，進而降低污水處理的效果。因此，本文就污水處理設施中之各項處理單元，於地震發生時可能遭遇的危害逐項探討，以及針對因污水處理不當所可能造成之水質污染加以探討，並提出補救方法，或其他替代方案，在最短的時間內，修復污水處理設備，恢復其處理污水的能力。

3.1 污水下水道受災形態、診斷方法與標準

3.1.1 受災形態

污水下水道收集系統因採重力流方式收集污水，故埋設較深，管材承受外壓力較大。由於污水含有多量有害物質，使管渠內部污穢與含有毒氣體，管材易為污水所侵蝕破壞；且因終年有水在管內流動，巡查維護時難以中斷使用，使檢修甚為不易，乃形成可能肇致災害的原因。

污水下水道依其系統構成要素可分為下列幾種災害形態：

一、管道部份

下水道管道一般係埋設於地面下，由於地震引起地層位移、隆起或下陷，連帶使其管道斷裂或突出、管道間接頭脫落，導致污水之收集與輸送受阻；或因管體構造破裂，導致污水

外漏而污染地面或地下水體，或因地下水入滲而增加污水量。

二、構造物與機電設備

污水處理廠或抽揚水站構造物係由槽池與管渠組成，地震時由於劇烈的搖晃，將導致上述構造物的崩毀破壞、位移下陷、龜裂剝離，使污水滲漏漫流，造成其機電設備損壞故障。地震廠區使地盤發生液化及側向流動現象，設施底板產生差異沈陷，水池內接合部斷裂漏水，管廊的接合部龜裂致污水或地下水流入，管廊之導流管及流入管等之管渠配管的損傷等。污水處理廠或抽揚水站所處理的污水含有易腐蝕之物質及大量泥沙，在地震的振動下最易造成機械設備與管線的破損漏水。

3.1.2 震後污水下水道診斷方法

震後處理污水下水道之步驟如表 2 所示。以下就管道、污水處理廠及抽水站與震後診斷方法分別作一說明。

一、管道診斷方法

(一) 緊急調查

緊急調查為診斷如污水逆流、管路破損、下水道出入開口隆起等問題，若

表 2 震後處理污水下水道診斷方法

第一階段	<ol style="list-style-type: none"> 1. 地震發生後，對於已事先擬定之特定管路位置、處理廠、泵浦場優先調查之。 2. 處理廠及泵浦場實行緊急檢點。 3. 對於災後地點進行診斷及緊急調查。 4. 由診斷可得知災害判定結果。 5. 實行緊急措施。
第二階段	<ol style="list-style-type: none"> 1. 在第一階段完畢後，對災害地點進行更詳細的診斷及應急調查。 2. 應急調查所得知結果即為災害判定之結果。 3. 依據判定結果實施緊急復舊。
第三階段	<ol style="list-style-type: none"> 1. 此次復舊之調查。 2. 災害判定結果。 3. 正式復舊。

不加以即時處理將成為危險之災害。因為需在短時間內掌握全局，故藉由目測法大略掌握災害場所的受災程度。主要針對管路設施有無損害，以及管路設施周邊的道路有無異常。

由於須在短時間內掌握全面之管路設施情況相當困難。所以須先決定優先調查之地點，初步診斷之概要如下：

1. 醫療機關、避難場所附近有無異常。
2. 處理廠、抽水站有無異常。
3. 人孔急管路周邊之路面有無異常。
4. 人孔有無滲出之污水。
5. 管路內有無流入危險物如瓦斯、石油等。
6. 人孔及防止蓋子滑動之裝置有無異常。
7. 人孔內有無異常。

(二) 緊急措施

緊急措施為緊急調查發生重大災害和有二次災害的危險時，所採取之相關措施。防止進水之災害及對道路周邊設施的影響，比起維持下水道原本之機能更為重要。有關緊急措施如下：

1. 於災區設置隔離警示措施。
2. 限制災區道路通行。
3. 確保災區四周道路之原有機能。

4. 防止管道內進水。
5. 限制使用下水道相關設施。

(三) 應急調查

1. 污水支管之診斷

從第一次調查之結果作成管路設施可能受損區域圖，決定第二次調查之實施範圍。第二次調查是以目測之方式檢查區域內全部之人口和管路。調查人孔急管線破損情形，用監視器詳細調查管路之災害狀況。

2. 污水幹線之調查

二次調查為針對第一次調查之結果實施再次之調查，污水幹線因為流量多，實施內部之調查困難，即使在深夜水量亦不會減少。一般污水幹線埋設深度很深，相對所受傷害較少，應急之復舊只有少數場所。調查所需器材詳見表 3。

表 3 應急調查所需器材一覽表

調查用機具	
檢查特定点書類	下水道明細
檢查特定点用具	夜視鏡、手電筒、電池、照明器、捲尺、金屬探測器、人孔開蓋
記錄用具	筆記用具、照相機(可在水中攝影)、照相機、黑板
通信機具	無線電、攜帶型無線電
緊急用機具	
安全用具	安全帶、酸度濃度測定器、硫化酸度濃度測定器、瓦斯感應器
通行管制用機具	管制標誌
抽水用機具	泵浦、發動發電機
路面復舊用機具	砂、礫土、土、瀝美土等

一、 污水處理廠、抽水站診斷方法

(一) 緊急檢點

緊急檢點為地震後依緊急檢點表所列之要點，對災害地點立刻做檢查，對於處理廠內所保存之燃料、藥品、有毒氣體等需防止其流出，及對運轉停止

之機器實施安全點檢。緊急檢點對象設備如下：

1. 機械設備

燃料、有毒氣體設備：剩餘瓦斯燃燒裝置、脫硫裝置、燃料儲存桶、都市瓦斯設備、特殊瓦斯設備（水質檢驗用）。

2. 藥品設備：鹽酸消毒設備、脫臭設備、水質檢驗設備等。

3. 電器設備

(1) 中央監視設備：主要電器的操作狀態、掌握處理廠全體之災害狀況。

(2) 變電設備：入油變壓器、入油遮斷器。

(3) 防止洩漏物品引起之火災之設備：控制電源設備（蓄電池）。

(4) 防災設備：防止火災設備、緊急通信設備

(二) 緊急調查

在地震發生後，限制人員進入災區，迅速的作重點式調查，並以目視法來瞭解災害狀況。緊急調查對象可分為以下三類：

1. 土木、建築構造物

土木構造物其對有無裂縫、漏水等進行調查；建築構造物對其各部份之安全性，進行龜裂、斷面破壞之確認，調查樑、柱等主要結構部份，防止二次破壞。

2. 機械設備、電器設備

為了掌握機械設備、電器設備之全體災害狀況，對機器設備、配管進行迅速調查。診斷方法原則上待機器運轉停止以目視其災損程度為主。

3. 流入管、壓送管等之關聯設備

泵浦場為最容易受災之處，流入管、壓送管接合處為重點檢查處。

(三) 應急調查

應急調查目的為儘速恢復處理廠設施功能所進行之調查，確保處理廠暫時能以最小功能運作。復舊順位以設施、機器、配管等為優先，以目視法進行診斷，並以照相機等對現況進行記錄、調查。

3.1.3 震後污水下水道診斷項目與標準

污水下水道系統設施包括收集設施、處理設施以及放流設施三大部份；各部份之主要設施係由管渠系統、構造物與機電設備所組成，其管渠系統之特性與維生管線之性質相當，而構造物則可視同一般結構物；當地震來臨時這些建構於地上或地下之管渠與構造物，將遭受不同程度的損害，而依附於構造物上的機電設備亦連帶受影響。茲就對受災地區之診斷項目與標準說明如表 4：

一、管渠

表 4 管道之診斷調查項目

調查項目	調查重點
處理廠、抽水廠有無異常	處理廠、抽水站污水之流入狀況。
人孔及管路周邊之路面異常之有無	路面狀況之異常如：沉下、陷沒、隆起、龜裂、落差、噴砂、噴水、呈現波浪狀。
人孔連接之下水道	污水有無流出。
管路	管路內有無流入危險物如：瓦斯、石油等。
人孔有無異常	內側壁有無破損。 有無土砂堆積及水流狀況。 套管有無破損。
管路有無異常	幹管之破損。 管之垂直、水平方向有無彎曲。 管內漏水。 幹管內土砂堆積及其水深。
連接幹管之管路及其蓋子有無異常	連接管之異常：突出、破損、壓壞。 連接管蓋之異常：漏水、龜裂、水平位移。

上述為震後所調查之項目，在緊急調查完畢之後所做的應急復舊工作前，仍需對下水道作一評估，以判斷其原本之排水機能對其他設施之影響，其評估項目如下所示：

1. 管路設施構造之災害程度
2. 管路設施機能之災害程度

3. 污水排放能力有無降低
4. 道路路面之影響
5. 周邊設施之影響

二、處理廠、抽水站

1. 土木、建築構造物：處理廠設施牆壁之漏水、裂縫發生程度、門窗關閉情況等進行調查，判斷是否已成為危險構造物。
2. 機械設備：對處理廠功能之回復，重要程度較高之機械、配管等優先進行調查。
3. 電器設備：在緊急調查時，對各項電器設備受災程度進行診斷，並將先前調查之內容作成記錄。

3.2 預先處理設備

預先處理中的處理方法及設備包含有：攔污柵、沈砂池、磨碎機、油脂分離及調和池。

3.2.1 震害的危害及其影響

地震的發生可能造成攔污柵的損壞，以致於攔污柵無法發揮去除大型漂浮物質的功用，使大型漂浮物流入污水處理管線，造成管線的阻塞或增加其他後續處理設備處理上的困難，沈砂池可能因此而淤積，降低其沈降效果；調和池的損害會造成廢水調理無法有效的進行，使污水中之有機濃度、流量變化及 pH 變化等無法獲得有效的改善，甚至會造成高濃度之毒性物質流入生物處理系統，造成整個污水處理系統的癱瘓。

另外，磨碎機需藉電力來運轉，但地震之發生對於供電系統有非常嚴重的影響，以致於無法提供所需之電力，造成磨碎機完全停擺，無法使用。

3.2.2 補救措施

在地震發生後，應立即派人檢修攔污柵，察看並清除阻塞污水管線的大型漂浮物以保持管線的暢通；適時清除沈砂池中淤積的物

質，以恢復其沈降的效果。若是電力公司無法正常供電，污水廠內應備有緊急發電設備，提供磨碎機運轉所需的電力來源，以維持其正常的運作。針對調和池中污水之有機濃度、流量及 pH 值等進行檢測及監控，以避免高濃度之毒性或其他物質流入生物處理系統。

3.3 一級處理及二級處理

污水處理系統中之生物處理法包含有：活性污泥法、滴濾法、RBC 法及污水塘生物床法等。本文將探討地震對活性污泥法所造成之影響及其因應之措施。所謂「活性污泥法」是屬於一種生物處理的方法，由最初沈澱池之處理水，流入曝氣槽內與槽內（活化之）微生物群混和接觸，將流入水中之有機氧化物去除，之後在經過最終沈澱池沈澱污泥之上層液放流；而沈澱污泥一部份廢棄，一部份則迴流至曝氣槽內，以維持槽內污泥負荷為一定之處理方法，其處理流程如圖 2 所示：

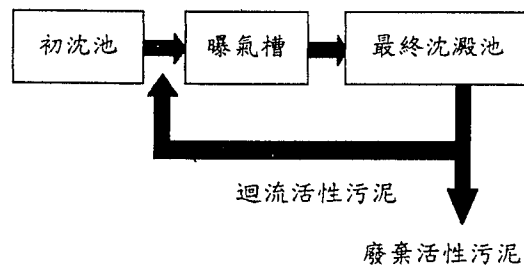


圖 2 典型都市污水之處理流程

其中，影響處理效率的因子有：污泥停留時間、污泥迴流比、溶氧量、污泥容積指標、食微比 (F/M)、污泥負荷、營養份及溫度等因素。

3.3.1 地震所帶來之危害

地震發生時對於前處理系統造成一定程度的損害，使其處理效果不彰，以致於污水進入生物處理（活性污泥法）時之濃度較先設計的標準值高，如此，會造成食微比 (F/M) 過高及流入污水無法充分處理而流出；地震造成

污水性質驟變使混凝沈澱池中的混凝效果大打折扣，導致混凝沈澱池無法有效發揮其功用。另外，混凝沈澱池中的混凝設備及曝氣槽中的曝氣設備皆需藉由電能提供動力，若一旦供電系統因地震而破壞，對整個處理系統會造成不少衝擊。

3.3.2 改善措施

由於地震造成前處理系統損壞，導致流入生物處理系統的污水濃度過高，欲改善此一問題除了儘快恢復前處理設備之外，亦可藉由調整曝氣槽內之污泥量 (MLSS) 以控制食微比，避免 BOD/MLSS 負荷太高。

其中食微比之定義為每日流入曝氣槽之有機物量與曝氣槽內污泥量之比值，即 $\text{kg BOD}_5 / \text{kg MLSS-day}$ ；MLSS 表示混合液懸浮固體物量。F/M 值表示食物量 (BOD_5) 與微生物量 (活性污泥) 之間的平衡關係。一般而言，傳統式活性污泥之 F/M 比值約為 0.1~0.3；現因地震導致入流水 BOD_5 值升高。因而使得 F/M 比值也為之升高，若欲改善此一現象，必須藉由提高反應槽中 MLSS 的濃度來達到改善的目的，其方法如下：

1. 藉由減少剩餘污泥移除的散量，以提高反應槽中 MLSS 之濃度。
2. 藉由提高返送污泥比，以提高反應槽中之 MLSS 之濃度。
3. 藉由單體投入反應槽中，以提高反應槽中之 MLSS 之濃度。

但是，提高 MLSS 之濃度必須有一定的限制，否則會產生不良的影響：

1. 最終沈澱池之水面負荷，如果超過 MLSS 之濃度會帶來固體分離的傷害。
2. 氧氣供給：流入負荷之增大以及反應槽中之 MLSS 之濃度增高，從排氣能力之觀點而言，有其反應界限。

3.4 污泥的處置

污水處理的過程所衍生的污泥處置問

題，一直都是各個污水處理廠急欲解決的課題，而地震對於污泥處理設備所帶來衝擊無疑是增加了污泥處理上的困難。首先就污泥處理的流程而言，可分為如圖 3 所示。

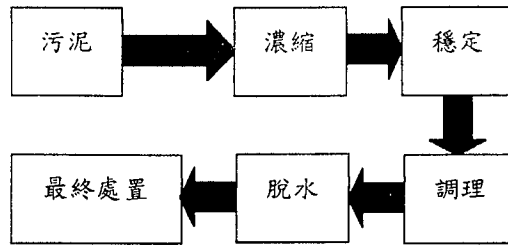


圖 3 典型污泥處理之流程

而就污泥處理目的及方法而言，則可區分如表 6 所示：

表 6 污泥處理目的及方法

	目的	方法
濃縮	減容	1. 重力濃縮 2. 浮除濃縮 3. 離心濃縮
消化/穩定	安定化(分解有機物)克服腐敗發臭因子	1. 厭氧消化 2. 好氧消化 3. 堆肥法
調理	易於脫水	1. 加化學藥劑 2. 堆肥法 3. 濕式氧化
脫水	減積	1. 真空過濾 2. 加壓過濾 3. 離心過濾 4. 滾壓過濾
最終處置		1. 綠農地利用 2. 填土 3. 海洋拋棄 4. 建築材料利用

3.4.1 震災對污泥處理之影響及解決對策

針對地震對於污泥處理系統所造成之損害，應變的措施，以及設計之內涵，整理如表 5 所示：

3.5 消毒設備及加藥設備

- (1) 消毒設備改用次氯酸鈉消毒措施應列為優先辦理事項，如仍在使液氯作為消毒劑者則其設備應遵守下列要點，氯氣及其除害設備，有關機器及附屬配管類設備應屬於耐震性構造。設置氯氣用機器的建築物應為具有密

表 5 地震時污泥處理系統之緊急對策及內涵

項目	緊急時之對應	內涵	
污 泥 處 理	1. 由於災害不能處理污泥之情形，或者由於交通事故無法將污泥搬出之情形	<ul style="list-style-type: none"> 發生污泥之暫時貯留 在水處理設施限制污泥之移除（反應槽之 MLSS 之高濃度化） 用中止水處理設施之貯留 污泥處理設施之貯留 脫水污泥之貯留 	<ul style="list-style-type: none"> 中、大規模 考慮污泥貯留槽之容量、送泥方式（直線、循環式）及維持必要管理來解決其貯留時間。 小規模 小規模污泥處理設施則檢討污泥之貯留場所、貯留容量、貯留方法等。 濃縮污泥之貯留天數，在有脫水設備之情況，必須得考慮到脫水設備之運轉時間。用真空清潔車搬出之情況為將搬出之頻率及真空清潔車之容量列入考慮。 污泥脫水槽貯留設備之能力需為發生一日所產生之污泥槽量為準。
	2. 受震害之脫水機其處理能力降低之情形	<p>脫水處理之確保</p> <ul style="list-style-type: none"> 延長沒有受到災害脫水機之操作時間 以可搬式脫水車來處理（限小規模使用） 	<ul style="list-style-type: none"> 脫水機之操作時間以白天運轉為前提，一週六日 6-7 小時，再處理規模大之處理廠處理情形為因抑止污泥處理之巨大化及意圖削減建設費用，故也有 24 小時運轉之例。以脫水機為主，有離心脫水機、履帶脫水機等。脫水設備除了處理廠固定式之外，亦討論使用移動脫水車。
	3. 因污泥性質惡化其流入負荷量減低使處理能力不佳之情形	<p>污泥處理能力之確保</p> <ul style="list-style-type: none"> 確保減輕處理性能之運轉負荷 改善參入高負荷有機物之污泥性質（例：酒、尿液） 	
	4. 消化槽破壞無法消化處理之情形	<p>污泥處理能力之確保</p> <ul style="list-style-type: none"> 濃縮-脫水運轉之對應 	
	5. 受災焚化爐無法焚化處理之情形	<p>污泥處理能力之確保</p> <ul style="list-style-type: none"> 藉由脫水槽來處理搬出場外 脫水槽之場內貯留 	<p>污泥脫水槽貯留設備之能力需為發生一日所產生之污泥槽量為準。</p>

閉可行性之構造以防被萬一氣洩漏時亦能防止其擴散至室外。液氣貯藏室及氣氣氣化室的床版則應設止防液堤或貯留坑以防止洩漏液化氣之流出。氣氣除害設備應具備能檢測設置洩漏事故並能除害之能力者。

- (2) 使用市售的次氯酸鈉或用電解法自行生產的次氯酸鈉做為氣氣消毒劑的加氣設備的耐震對策則依前述第 1 項辦理。
- (3) 凝沉沈澱用各種藥品佇立設備的耐震對策亦依前項第一項規定辦理之。

3.6 建築構造

- (1) 設計建築物時應充分調查地形、地盤及用地狀況，並研討地震時地盤的安全性後謀求必要的對策。
- (2) 建築物應根據有關法規及基準，視建築物之用途、構造種類及特性進行適

切的耐震設計。

- (3) 建築物之基礎應選定良質地盤為原則。
- (4) 視地區地震活動狀況、用地情形等來選定耐震性的構造形式及材料。

3.7 機械、電器設備

3.7.1 機械、電器設備之耐震對策

- (1) 機械、電器設備的直接耐震性強化對策可採取下列措施

設置機械、電器設備的建築物以選定富耐震性的用地條件為原則。安全對策上具有高度重要性者，需採用提昇建築物耐震強度的特別設計。

- (2) 為防止災害影響至於最小程度所設想的對策

萬一因受災中央控制操作遇到困難時亦設法使其在現場或機器進行操作為要。特別是氣氣設備因災害有波及周邊之虞，應謀求其他安全對策。

(3) 促成復舊作業易於推動的有關對策
震災發生時難免產生輸送道路之阻塞及交通中斷。因此特殊規格機器等能迅速應對復舊的器材的調動及供應等應平時做萬全的準備以備緊急的需要。

3.7.2 電源

地震發生時會造成斷電之可能，視需要另為設置緊急用自用發電設備。

3.7.3 電力設備

機器設備的單體應為具有充分強度的耐震構造，並應緊密固定在控制盤內，監視室及控制室的基礎以防止地震時之移動、脫落等事故之發生。

3.8 管線處理單元

由於地震引起地層錯動，地表隆起或下陷，常使埋於地表下方之污水下水道管道破裂、貫穿或突出，使得污水收集及輸送受阻，另其內部構造之毀壞情況程度，可能導致漏水或管道破壞，可藉由暗管內以電視 (CCTV) 檢察之方法實行。此外，管道因地盤之不均勻沈陷而導致管道坡度發生異狀，易造成管道毀壞。

台中縣東勢鎮於地震後立即以 CCTV 進行部分檢測，污水下水道管道主要幹管 RRCP 600mm 平均 12m 即損壞一處，支管 VCP 200、250mm 平均 3m 損壞一處。雖破損處若僅接頭鬆脫，通常只有 50~60 cm 長，而破損處大約只有 10cm 之長度，但受損率嚴重，相關單位正評估其檢測及修復。受損情況可參考 (附錄一照片 1~6)。

當地震發生時，地下管線隨地層變動搖晃而變形扭曲。一旦地震過後倘若原先的地形及地貌發生重大變化，管線變形會更加擴大。其管線受損模式如下：

(1) 老式離心式鋼筋混凝土管破損漏水影響

淨水處理。

- (2) 管路大部份接頭脫落，管體折斷、扭曲。
- (3) 消水栓及止水閥之法蘭破損。
- (4) 水管橋及橋樑附掛管線因橋台坍塌，伸縮接頭座扭曲。
- (5) 止水栓，分水栓等接頭損壞最多。

為了減小地震對管線的損傷，以下對策可供參考：

- (1) 將管線制水遮斷閥設置間隔盡量縮小，使得因震害而斷水的範圍得以縮小。
- (2) 管路的埋設不宜過深，需儘可能多設置檢修人孔，以利餘震害後之迅速修復。
- (3) 使用預防措施，如穿越河川、鐵路之管線前後設置緊急遮斷閥，以防污水處理設施受損，對重要的設施及鄰近的居民造成二次傷害。

四、災後之緊急應變措施

污水處理設施地震防災對策，目的在於維護基本生存權益減輕天災危險。為此，針對(1)地震前，(2)地震剛發生後，以及(3)災後復舊重建(參考表7)，均應籌劃有效方案提供各有關單位得以充分瞭解與互相配合。

表 7 耐震化基本計畫

事前對策	1. 構造物的耐震化。 2. 管路的耐震化 (耐震化接頭)。 3. 老舊設施之耐震診斷及其補強。 4. 利用無線電之情報傳遞系統。 5. 停電對策。
災後對策	1. 緊急復舊之作業分擔。 2. 舉行緊急說明會。 3. 發放震災手冊。

4.1 地震前

研究過去地震災害及災難記錄，可以發現建造在堅固或穩定地盤上的建物，較不易發生損壞。因此，對污水處理設施而言，尤其是具

關鍵地位的重要設施，如抽水站、沈砂池、沈澱池等設施。對於重要設施的建造而言，相關的構造與基礎設計都應先進行詳細的地質調查。這些調查包括一般調查內容及基地土壤在地震時的動態特性分析與調查。

污水處理設施、建築物設施、管路設施，以及相關機電設備等，必須採用耐震性高之材料。對於用來儲水的構造物，設計與建造時都應儘可能採用鋼結構系統做為主體，採用混凝土壁等防水措施，配合柔性接頭及特殊壁面處理，來確保地震時之儲水功能。

為了提昇現有污水處理設施之耐震力，應對各設施充分進行詳細的耐震強度評估檢核，以利於現有設施進行加強與更新。現有設施若是依據舊標準完成，不符合最新耐震要求時，則必須重新進行耐震強度檢核。診斷並評估哪些設施應加強、改善或者必須重建。而這些改善措施，都必須透過通盤性全面檢討來確定。

(1) 基本設施的耐震化

針對抽水站、攔污柵、沈砂池等設施，應站在分散危險和地域間相互支援的觀點並同時考慮設施之壽命作為前提實施耐震化。

(2) 配水管的耐震化

採用柔性而可承受變形的材料，以避免結構上的破壞。加強防災據點管線之耐震化，以謀求正常處理。

(3) 建築物的耐震化

(4) 電器、儀表設備等設施之耐震化

在未發生地震前，各地區災損潛能應先行加以預測與評估；一般耐震設計上，則需考量各項防護與減震方案。換言之，重要的污水處理設施，應該特別加強耐震要求以提高其安全性；儘管這除了需要投入大筆資金外，更需投入重大的心力長時間進行，更換、加強並改善這些設施。總而言之，震前加強主要污水處理設施，應整合一套確實而有效的執行實施方

案。

4.2 地震發生後

在地震剛發生過後，應立即執行各項緊急供水與應變措施，尤其是各項紓解災情之方案，以及緊急搶修處置。同時，欲有效執行各地區重建計畫時，應特別留意配合當地對震害重視的程度。

一旦地震來襲時，將造成污水處理系統之傷害，因此需建立一套相應的緊急應變計畫。這項緊急應變計畫中，必須涵蓋迅速有效的資訊網路、緊急人力動員計畫與相互支援的執行系統。於地震發生後最短的時間內，進行災損快速診斷與補強，同時應通盤檢討因應緊急搶修所應該儲備的修復材料及設備，並準備所有設施的全套設計圖。這些準備措施以及緊急處理的工作應充分授權至基層。

有些耐震力較差的設施，當地震來臨時，不可避免地將遭受到不同程度的損壞。因此唯有假設污水處理系統在地震時發生災害的種類及受損程度，策畫緊急供水及緊急修復等計畫並謀求情報聯絡體制、動員計畫、相互支援體制的確立從平時即從勢必要器材的蓄備，設施圖面的整理及分散管理作萬全的準備。若污水處理設施若無法正常運作，除了造成市民生活不便，更嚴重的是，將可能引起大規模的傳染病。

4.3 災後復舊重建

基於此次震災的反省，發現有必要事先備妥具有時效性的震災手冊已備萬一。除此之外為了災害發生時的情報準備能及時收集、傳達緊急情報以獲得確實的支援反應，需在網路上提供各種情報以供民眾參考。

提昇污水處理設施的耐震性雖然重要，但要防止所有設施不為地震所破壞，實質上乃屬不可能。因此，最起碼應建立以即使遭受破壞，亦能在完整資訊管理系統下，能早期修復

列為首要之急務。

日本於 1995 年 1 月 17 日發生阪神大地震，其規模之大。帶來了約 6 千 4 百多名死者，也造成自來水、電力、瓦斯等維持都市機能嚴重受損。神戶市污水及自來水處理系統，在平時即設有震災對策，以備萬一。而在災後復舊工作也在十周內完成，以致於對市民生活減輕許多不便，並也已開始推動耐地震災害的污水及自來水處理系統，(如表 8) 所示。

最後，災後復舊重建工作更應詳細規畫並採取有系統且循序漸進之步驟，執行所要求之臨時性緊急處置，甚至於永久性修復工程。進行災區重建時首先必須將污水下水道及污水處理場的區位及規模優先劃設，並儘可能及早進行。

表 8 阪神大地震震災已實施並證明有效策略

有效之策略名稱	內容說明
以延展性鑄管替代佈設管路並採用防脫落型耐震接頭	佈設於土壤液化或流動化嚴重之海面或填土人造地(海埔新生地)之耐震接頭管，發揮其跟隨地盤變形之機能，因而無漏水現象發生。
配水池容量增強	能確保需要在白天大量用水者之需求。
停電對策	減輕因各設備機能降低所引起之傷害。
給水區域之區域化	將緊急復舊之作業分擔或作業進展；復舊方針之決定等，有效向市民說明。
水質監視	在交通阻塞時也能控制的情況之下，監視水質。

五、結論與建議

地震來臨時在緊急搶修與復舊工作持續搶修下，污水處理設施系統是否符合耐震安全原則為現階段重要之課題急需探討的。茲提出下列相關建議，期對日後災害復舊有所助益。

(1) 下水道設施若含有毒性化學物質加藥單元，應建立緊急供電措施，當事故發生時即封閉藥品以防毒性化學物質外洩。

- (2) 事業單位應納入跨縣市水電工程包商基本資料，並研擬緊急搶災工程撥款發放方式，以提供救災之人力機具及經費最有效利用。
- (3) 政府事業單位應依據震害預測結果，重視儲備相應之修復材料與設備。將地震災害儘可能抑止其擴大，而無法避免地震損害的部份，設計成容易修復的配置以及平日應進行適當的評估，防止二次災害之發生。
- (4) 兵庫縣最新提案的維生縣管道，基本上係掀蓋式的箱型構造與電線共同溝一併設置在人行道的下方，該設施與共同管道支管一樣給予道路管理及管線單位維護上的方便，同時由於構造堅固、價格低廉、工期縮短，可預期將來會廣為採用。

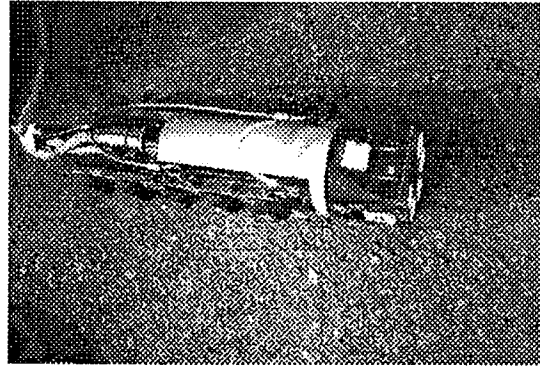
六、參考文獻

1. 行政院公共工程委員會，「震後地下維生線系統診斷手冊之建立與震後地下維生線系統快速補強手段一期中報告」，第 7-6 頁-7-13 頁，2000 年 6 月。
2. 國立台北科技大學，921 震災上下水道災損調查研究，第 23 頁，1999 年 10 月。
3. 日本下水道協會，下水道之地震對策，1997 年 8 月。
4. 日本下水道協會，震後管線調查對策委員會調查之期中報告，1995 年。
5. 日本下水道協會，兵庫縣南部第震污水下水道管路受損分析，1996 年。
6. 日本鑄鐵管協會，地下維生管線之耐震設計，1997 年。
7. 日本鑄鐵管協會，地震管路分析，1997 年。
8. 日本土木學會，阪神淡路大震災調查報告，第 141 頁-157 頁，1997 年 7 月。

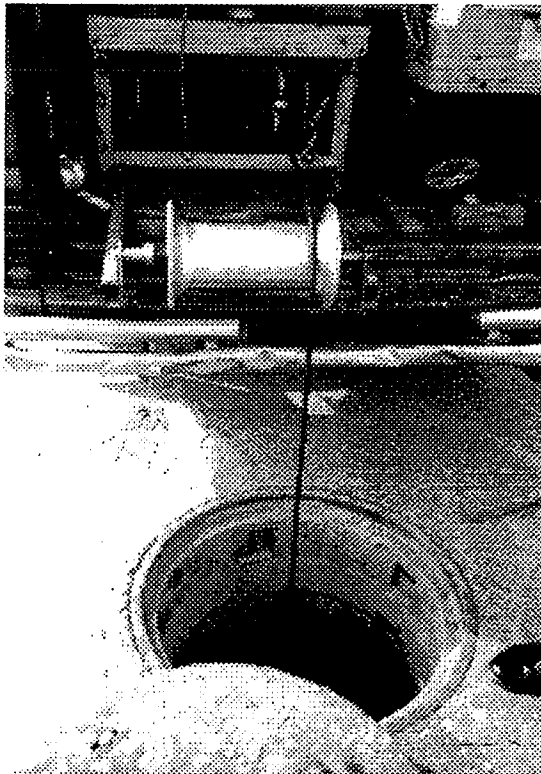
附錄一：CCTV 檢測



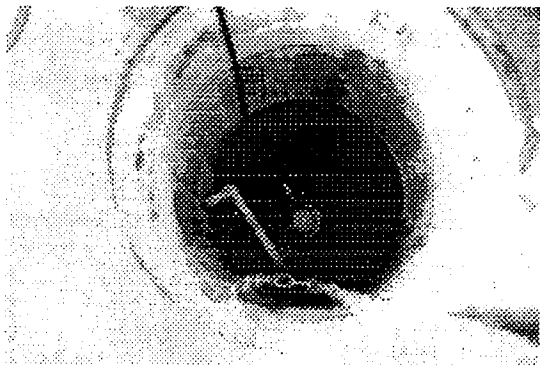
照片 1 CCTV 檢測施工告示



照片 2 走行式攝影機



照片 3 CCTV 攝影機由人孔進入



照片 4 CCTV 攝影機達陰井及管線會合口



照片 5 車內監視及錄影



照片 6 CCTV 攝影機收回作業