

## 臺北地區自來水震災應變對策之探討

王詠民

工程員

臺北自來水事業處工程總隊

### 摘要

建構安全、穩定的自來水供水系統是每位自來水從業人員努力的目標，亦是國家邁向整體永續發展的必備條件。臺灣地區自來水供應隨著全球氣候環境的異常變遷，所面臨困難越來越多，故需強化各項防災應變能力，以面對未來可能發生之各類極端狀況的衝擊與挑戰，已是當前自來水經營管理所必須面對重要課題之一。

921大地震使臺灣中部地區大停水長達 2 個多月始完全恢復供水，民國 91 年全臺旱災造成多個區域分區供水，民國 93、94 年桃園風災造成停水時間長達 2 週，均凸顯出民眾在災害來襲時取用安全飲用水所面臨的重大危機，亦再次喚起社會大眾及政府對自來水防災課題的重視。

相較於其他災害，地震對自來水供水設施所造成的破壞較廣，對民眾供水的衝擊也較大。當地震災害來臨時，原有自來水系統受損，在局部區域或全面無法供水時，如何事前整備、事後緊急應變，避免災損的擴大及發生二次災害，是本報告「臺北地區自來水震災應變對策之探討」欲研討之課題。

本文內容包括：

1. 災害探討：對地震、旱災及風災等各種可能對自來水設施造成的災害進行探討。
2. 他山之石：針對與臺灣同處環太平洋地震帶上，且地理環境與臺灣類似的日本，其在自來水震災應變的對策與作為進行說明及探討。
3. 臺北地區自來水震災對策：對臺北自來水事業處目前震災對策 3 大主軸：設施整備強化、緊急復舊對策及緊急給水對策的內涵進行說明及探討。
4. 瓶頸與建議：就臺北地區自來水震災對策執行現況及所遭遇到的瓶頸進行說明與探討，並試圖從中提出建議解決方案。

本文從臺北地區自來水震災對策執行現況切入說明，對其目前自來水震災對策所遭遇的瓶頸進行探討與分析，冀望可作為相關單位日後研議修正自來水震災相關對策的參考。

**關鍵字：**自來水震災對策、震災對策、自來水防災對策、防災對策

## 前言

921 大地震造成中部地區大停水長達 2 個多月始完全恢復供水，91 年全臺旱災造成多個區域分區供水，93、94 年桃園風災停水時間長達 2 週，均凸顯出民眾取用安全飲用水所面臨的重大難題，同時再次喚起民眾及政府對水資源的重視。

自來水供應未來所面臨困難越來越多，不強化防災應變能力，將無法面對日後極端狀況下的衝擊與挑戰。建構穩定、安全的自來水供水系統，攸關國家整體命脈及永續發展。在各種災害當中，地震對自來水供水系統所造成的破壞相對較廣，對民眾用水的影響也相對較大，本文「臺北地區自來水震災應變對策之探討」從臺北自來水事業處(以下稱北水處)目前的震災應變對策進行探討，冀望可對國內日後自來水供水系統防減災業務的推展有所助益。

## 災害探討

自來水的災害一般是指對供水系統破壞範圍大、影響供水人口多、影響時間長的自然天災或戰爭帶來的破壞。而自來水事故則指對供水系統破壞範圍較小、影響供水人口較少、影響時間較短的事件，一般亦可分為自然事故與非自然事故，自然事故如雷擊損害等，非自然事故如施工損害、火災、錯接、操作不當等人為因素所造成對供水影響或中斷等。災害與事故兩者間之區分則依其受損程度及影

響範圍而區分。常見的自來水災害及事故有：地震、旱災、風災、戰爭、土石流、水質污染事件、恐怖活動、設施事故及施工意外等(圖 1 及表 1)。

隨全球氣候異常變化，臺灣地區近年來，災害事件有大規模化、高頻率化、多樣化、複雜化之趨勢，除自然環境因素外，此種趨勢還有人為因素造成，如都市化、社會發展、環境惡化等因素。依據世界銀行 2005 年刊行之 National Disaster Hotspots: A Global Risk Analysis 指出，臺灣地區同時暴露於三項以上天然災害之土地面積與面臨災害威脅之人口約為 73%；臺灣地區同時暴露於兩項以上天然災害之土地面積與面臨災害威脅之人口則高達 99%。

## 他山之石

日本自西元 1973 年起開始震災防災及減災的整備工作，並經由歷年地震災害的教訓，逐次修正相關自來水法令規範，經由 30 多年來的持續努力，目前已建立起由中央政府至地方政府及事業單位，由上而下包含了緊急給水對策的完整防災體系與法規。

日本的地震整備對策(表 2)，包含飲用水的確保、防止二次災害(減輕設施的損壞)、確保公平的供水(確保最小幅度的供水)，與各種達成目標所需之具體對策。

## 臺北地區自來水震災對策

以目前現有工程技術及經費

資源，並無法確保臺北地區在遭遇如921大地震等巨大災變下，得免於發生局部停水、供水系統停擺或癱瘓等問題。北水處現階段最重要課題之一，就是積極尋求以現有最適當的技術與有限資源進行地震防災與減災整備工作。

北水處的自來水震災因應對策包含3個主要架構：設施系統整備強化、緊急給水對策與災後復舊等三大架構，其中緊急給水對策與災後復舊可另歸類於災後應變作為，3者之間的整備關係交互影響(圖2及圖3)。

震災對策中最根本作為是設施系統的強化。設施系統的安全性越高，受災損的風險就越低，北水處設施系統的強化目標包含：水源多系統化、淨水場具備有足夠備載能力、足夠配水池容量及適當的配置位址、供水管路複數化或迴路化、幹管具相互支援功能、相鄰供水區域具有支援調度能力、個別設施有足夠之備載能力、各設施間具有相互支援能力等。

在三大架構中，緊急給水的目標在確保災後緊急應變水源無虞，策略上包括：平時即建立備妥緊急備用水源(包含既有自水來系統內的可能儲水、地表水、地下水、甚至中水道水等水源)、臨時給水資機材的儲備、大型醫療機構與防災公園等避難場所緊急給水的整備等。整體整備的最後臨界目標在最大潛勢震災狀況下，仍能確保災後每人每日3公升最基本維生用水供給(圖4)。

北水處緊急給水設施的建置

分3階段進行，第1階段是以既有配水池及輸水幹管增設維生緊急給水設施，預計可於民國95年底完成30處既有自水來系統內的可能儲水處設置緊急維生給水站(圖5~圖8)。第2階段為配合防災單位規劃，於臺北市12個主要防災公園內增設防災專用耐震儲水槽。第3階段則屬中長規劃，在轄區內的防災安全避難場所，利用地下水或中水水源建置自來水系統外的防災備用水源(表3)。

災後復舊首重災後復舊的迅速化，為使復舊能力能得到建立及確保，策略上應包括：防災指揮體系的建立、支援體系的建立、材料規格的統一、防災資機材的儲備、災後通訊能力的確保、事前合理復舊計畫的擬定等作為。

## 遭遇之瓶頸與建議方案

1. 瓶頸：在缺乏耐震防災設施建置所需強制性法令之情形下，隨著時間流逝，大眾對大地震造成災害情境逐漸淡忘，相關預算編列時，往往是政府財政拮据下首先刪除項目。

建議方案：在整體防災架構下，建立相關設施強制性建置所需法令依據。

2. 瓶頸：缺乏誘因，目前國內自來水費偏低，又無法令強制性規範，雖建置防災安全避難場所緊急給水設施有其必要性，但要求防災避難場所(公園、學校、醫院等)管理單位，建置自來水系統外之防災備用水源(耐震儲水槽、防災緊急用水井、中水回收利用系

統等)困難重重。

建議方案：水費調整至合理水準，使防災備用水源建置具有經濟上的誘因。

3. 瓶頸：現階段新水源開發困難，假設大臺北地區水源調度方案為單向將新店溪水源支援板新水廠供水轄區，則將使北水處供水轄區缺水枯旱機率由目前十五年一枯早年提升到二年一枯早年的供水風險。

建議方案：中長期的國土規劃，應考量國土的永續發展、水資源的搭配及天然災害的防減災。短期水源調配上，除考量到須儘速支援水資源至已明顯匱乏地區外，亦應順勢健全供水系統。以大臺北地區為例，順勢整合二至三個主要水系成一多水源且可互相調配支援的單一供水轄區是現階段技術上可行且治本的對策。

4. 瓶頸：設施結構管線的破壞，乃是震災中造成自來水中斷的主要原因，雖然北水處目前主要採用的輸配水管直管管材為柔性接頭DIP，其管體已具有強度高、韌性大、耐衝擊與耐腐蝕之特性，且其柔性接頭特性為可伸縮彎曲吸收地盤變動造成管體上之作用力，惟其當震災來臨時，位處軟弱地盤的管件仍無法避免不均勻沉陷所引起的損害。

建議方案：考量目前產業界對耐震接頭DIP等耐震新式管材的供給能量，建議以漸進的方式，先於軟弱地盤(土壤係數N值10以下)、地質突然變化、斷層帶、邊坡滑動、高土壤液化潛能區及地

盤與管體間可能產生相對運動而衍生出之額外應力或者應變集中處等狀況，優先考慮採用耐震性更佳管材(如耐震接頭DIP或HDPE等)及適時採用伸縮可撓管等耐震對策。耐震接頭DIP的優點，以口徑 $\phi$ 600mmDIP耐震接頭與柔性接頭兩者的防脫力比較為例，DIP耐震接頭單一接頭防脫力是DIP柔性K型接頭的150倍(表4)，且具有鏈鎖效應，可大幅提昇管線可撓性與耐震性。

## 結論

臺灣位屬環太平洋地震帶上，地震的發生是常態自然現象，只是以目前的科技尚無法預知發生的時間及發生的程度。自來水是民眾賴以維生之民生必需品，為現代化都市及居民不可或缺的重要資源，當自來水系統受到地震災害導致損壞時，其影響層面甚大，除設備直接損壞之損失外，更將影響到居民之正常生活，甚至因長時間復舊不易，造成都市生活機能癱瘓，或引致二次災害。

臺灣地區破壞性震災的發生實難避免，為強化自來水震災應變能力，自來水事業單位除配合防救災單位建立完善的防減災體系外，平日即須積極進行健全供水管網系統、提升供水調度及應變能力，才能在震災不幸發生時，控制災損範圍，避免災情加劇或發生二次災害。

## 參考文獻

1. 大臺北區域未來供水如何提高備載之因應，臺北自來水事業處，民國 94 年 11 月。
2. 中興工程顧問股份有限公司，臺北區自來水第五期建設給水工程後續計畫，臺北自來水事業處，民國 95 年 6 月。
3. 王詠民，都會區震災維生緊急給水對策之探討，中華民國自來水協會，民國 94 年 11 月。
4. 施邦築等，震後民生用水應變對策，中華民國自來水協會，民國 94 年 11 月。
5. 巨廷工程顧問股份有限公司，臺北自來水供水管網改善計畫，臺北自來水事業處，民國 93 年。
6. 鄧勝軒，國土規劃在防災工作上的重要性，臺灣省土木技師公會，民國 95 年 9 月。
7. 萬銘工程科技股份有限公司，臺北地區維生管線系統規劃評估之探討規劃報告，臺北自來水事業處，民國 92 年 11 月。
8. 中華顧問工程司，公共設施用地內設置耐震配水池評估案工作報告，臺北自來水事業處，1998。
9. 吳陽龍等，自來水災害事故防救措施之探討，臺北自來水事業處，2003。
10. 王詠民，以既有輸水幹管作為維生緊急供水站工程計畫，臺北自來水事業處，民國 94 年 4 月。
11. 鄭錦澤等，臺北地區供水系統合理調配暨危機管理之探討，臺北自來水事業處，2005。
12. 吳天瑛，自來水事業防災應變之探討，中華民國自來水協會，2000。
13. 陳耀楠等，921 集集大地震之供水設施損壞分析研究，中華民國自來水協會，民國 92 年 6 月。
14. 吳文川，台北區自來水管線系統地震危害度評估及因應對策研究，國立台灣科技大學營建工程系，2003。
15. 施邦築，公共建設災變準備與搶救動員制度之研究，行政院公共工程委員會，2000。
16. 災害防救基本計畫，行政院災害防救委員會，民國 92 年 8 月。
17. 臺北市地區災害防救計畫，臺北市政府，民國 91 年。
18. 臺北市防災作業手冊，臺北市政府消防局，民國 93 年。
19. 蕭江碧，地方層級都市防災規劃與改善管理計畫之研擬-嘉義市都市防災避難空間系統規劃示範計畫，內政部建築研究所，2002。
20. 災害時的水利用，日本空調與衛生工程學會，平成 15 年 4 月。
21. 東京都水道局震災應急對策計畫，日本東京都水道局，平成 12 年 1 月。
22. 東京都地域防災計畫，東京都防災會議，平成 15 年。
23. 日本靜岡地區防災計畫，日本靜岡縣防災會議，1999。
24. 水道技術研究社，水道耐震化計畫策定指針解說，日本厚生省生活衛生局水道環境部水道整備課，平成 9 年 5 月。

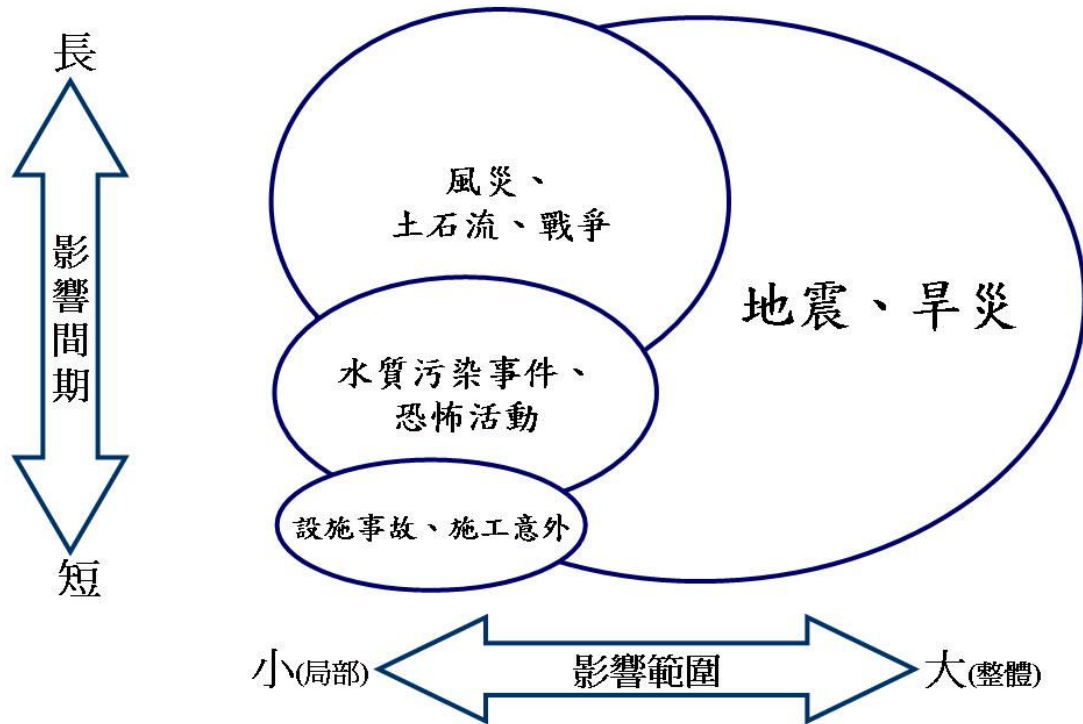


圖 1 各類災害對供水影響示意圖

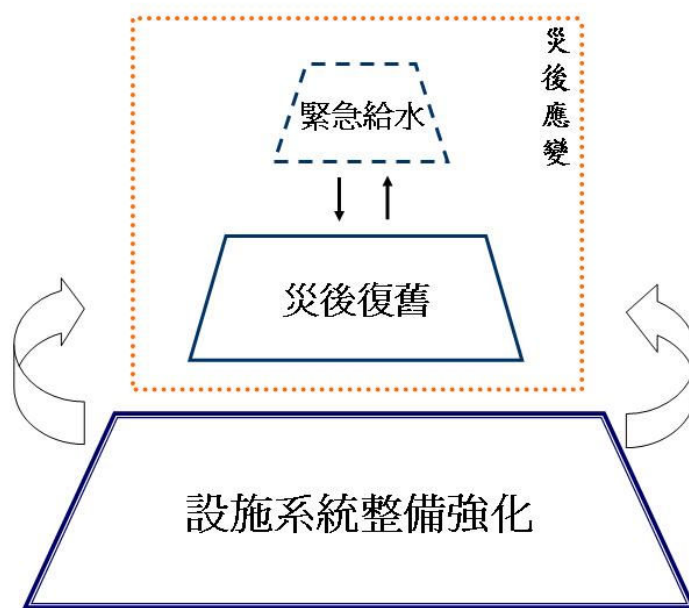
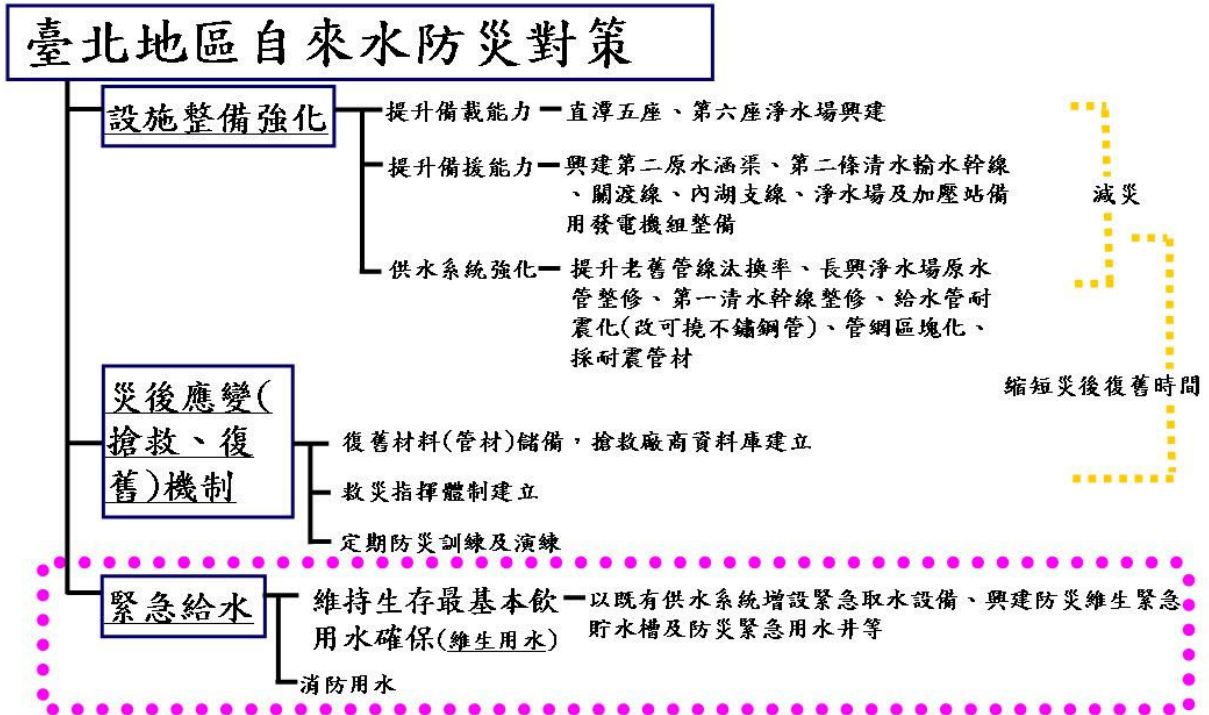


圖 2 北水處供水防災架構示意圖



加強事前整合各種災後可利用水資源, 朝「災後多元供應水源」的目標努力

圖 3 北水處現階段防災對策

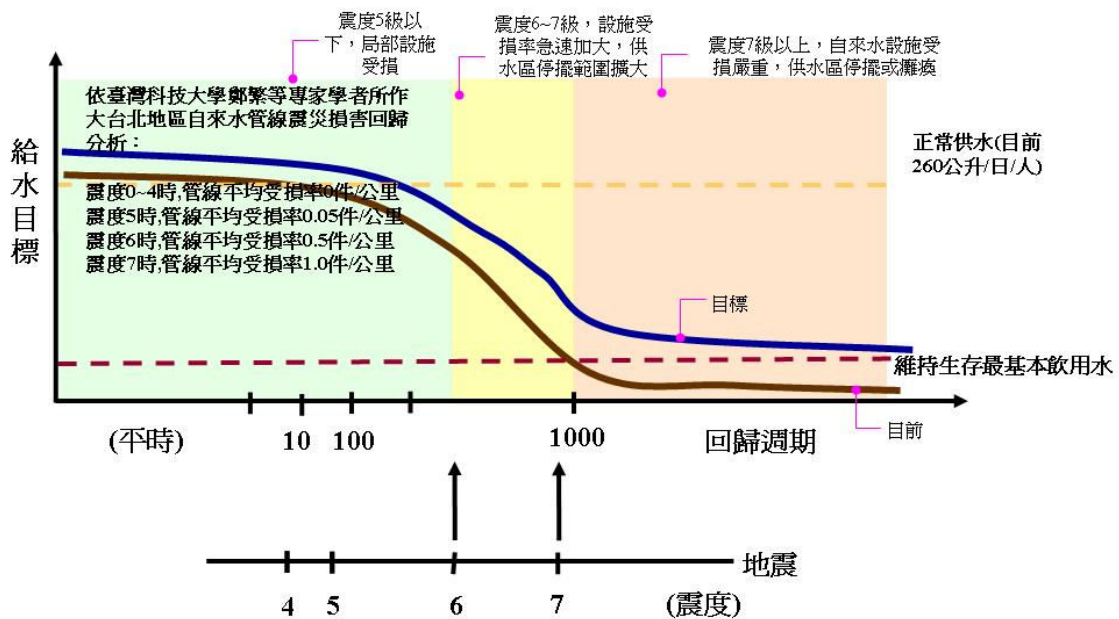


圖 4 地震災害回歸週期下臺北地區自來水給水目標示意圖

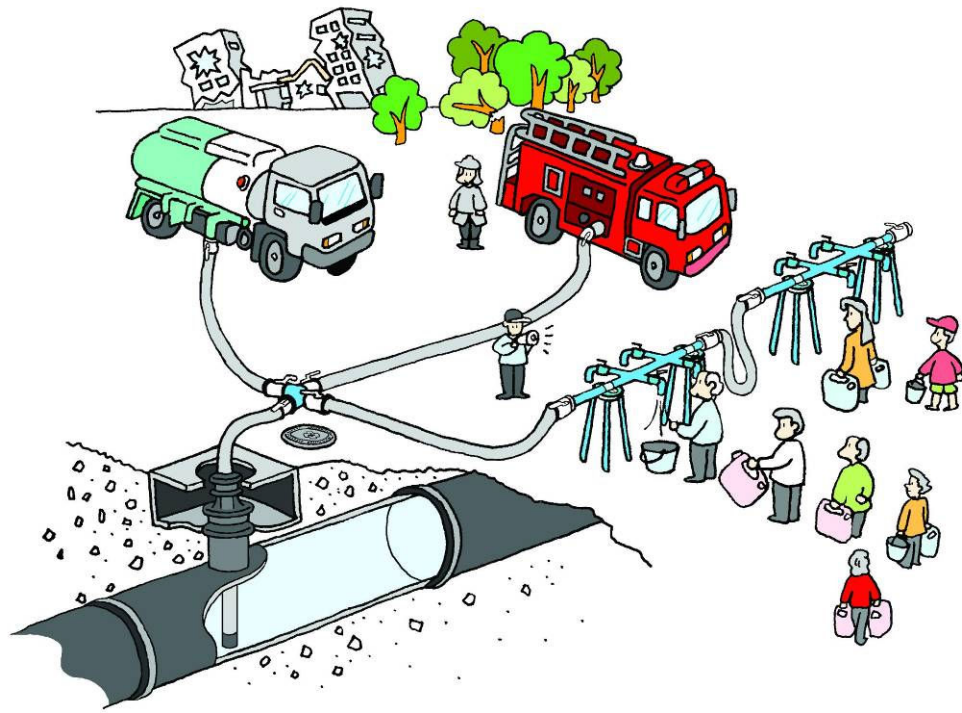


圖 5 輸水幹管增設緊急維生取水站透視圖

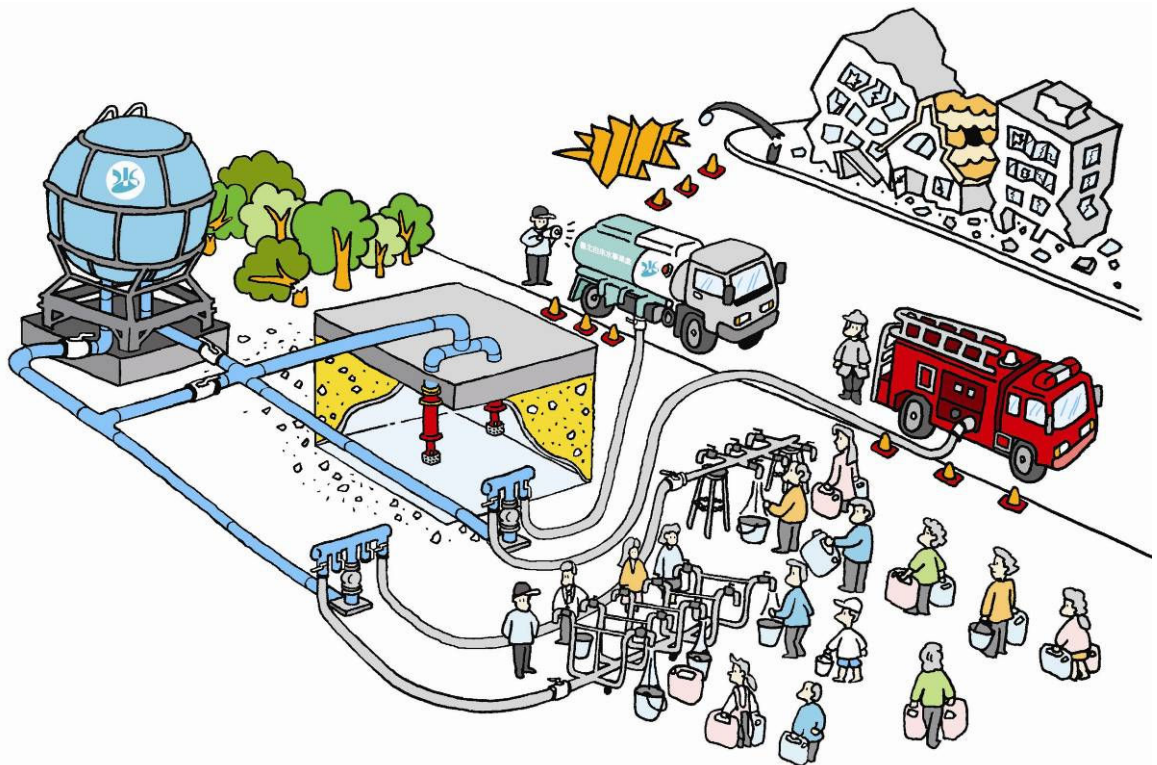


圖 6 配水池加壓站增設緊急維生取水站透視圖



圖 7 公館淨水場維生緊急取水設施照片

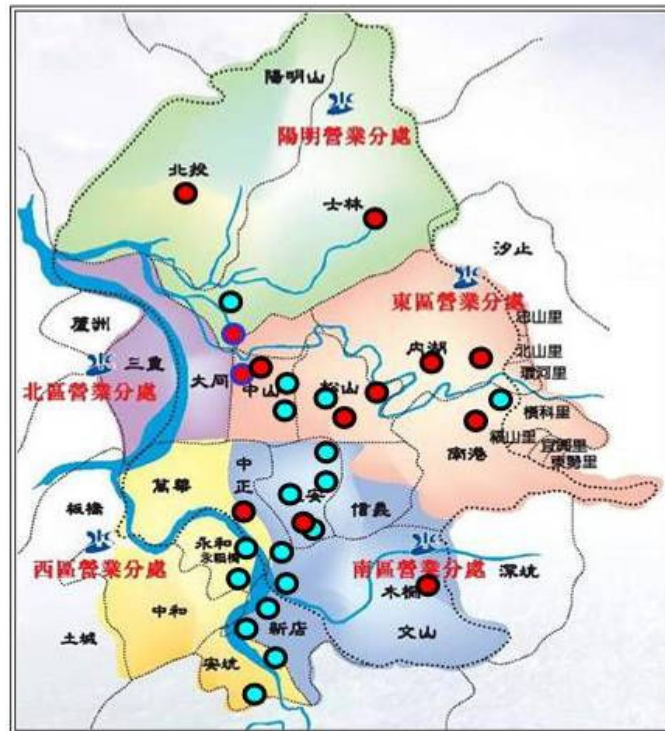


圖 8 北水處現階段緊急維生取水站規劃位置圖

表 1 各類災害對供水可能影響及對策

分類	風險因素	直接造成損害	基本對策
自然因素	地震	供水設備損壞 管線拉脫、斷裂	評估設備管材耐震能力，補強或汰換耐震管材與接頭之選用 備載與調度支援系統與機制之建置 緊急供水設施建設與給水設備整備
	颱風	原水高濁度，影響淨水能量 供水設備損壞	取水口往上游設置 淨水場設備容量提升及相互調度 配水系統備載與支援機制之建置
	乾旱	取水量減少，無法維持正常供	分區限水機制與抗旱配套措施規劃 尋求調度支援
	水災	加壓站淹水，停機影響供水 污水造成水質污染	防淹水設備規劃與建置 設置備用發電設備
	雷擊	機電設備損害，造成區域水壓 降低或斷水	設備避雷設備 設置備用發電設備
社會因素	停電	機電設備無法運作，造成區域 水壓降低或斷水	建立停電應變措施 設置備用發電設備
	爆管	區域水壓降低或斷水 二次災害	老舊管線汰換與設備改善 管線區塊化，限制影響範圍 供水調度支援
人爲因素	機器操作 錯誤	漏水、爆管、停機、影響水質 及出水量等	訂定標準作業程序與檢核表 定期進行人員訓練
	下毒 破壞	水污染 供水設備無法運作	加強重要自來水設施隔離設施 建置檢測與安全警報系統

表 2 日本地震災害整備目標

整備目標	對策
飲用水的確保	淨水場、配水池等給水點的整備。 緊急給水設施建設。 緊急給水用資機材儲備。
防止二次災害 (減輕設施的損壞)	必要設備的改善，緊急遮斷閥的設置。 石棉管等強度低的管的抽換。 老舊漏水管抽換，管路防護等
確保公平的供水 (確保最小幅度的供水)	淨水場站等雙饋線受電，自設發電機設備。 配水池的適當配置，送水管網狀及配管網路的整備，配水區域的區域化

表 3 緊急給水對策

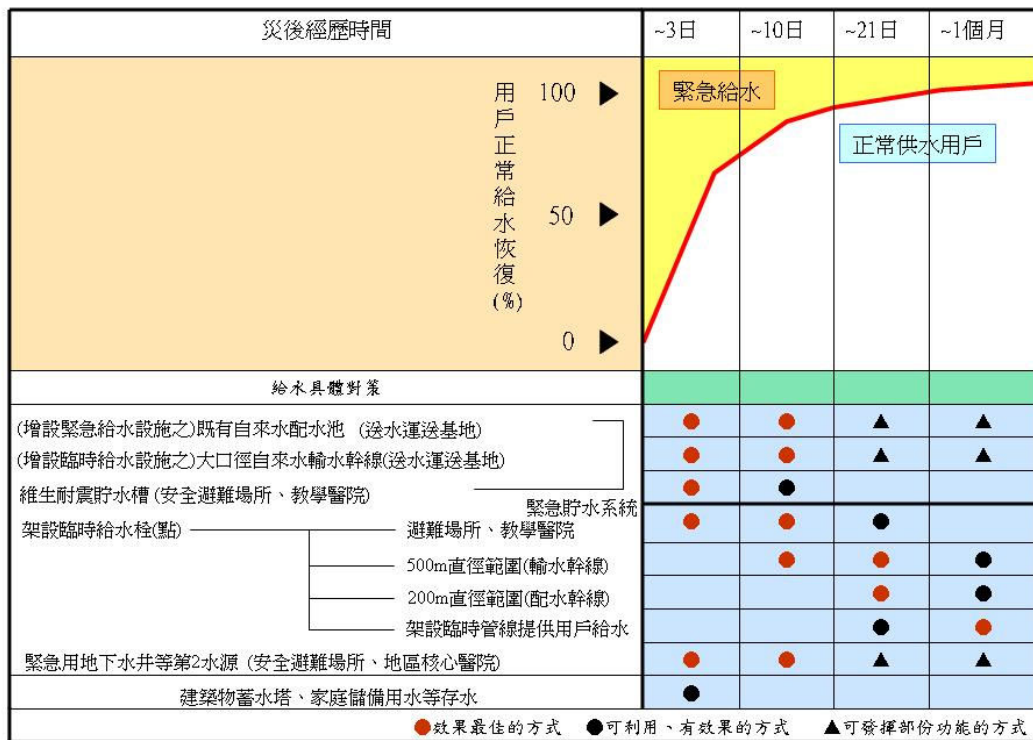


表 4 § 600mmDIP 耐震接頭與柔性接頭防脫力比較表

項目	以口徑 § 600mm比較	
	K型(柔性)	S型(耐震)
最大伸縮量	小於50mm	75~85mm
防脫力	1.2t	180t(150倍) (0.3Dtf) ※D管徑(mm)
彎曲角度	2°10'	7°
水密性	優	優
施工性	優	優
成本	1	1.15(短期內,工+料) 1.5(短期內,料) 1(中長期趨勢)