

ISSN 1025-7683

中華民國自來水協會會刊



白

來

水

第20卷 第2期 (78)

中華民國九十年五月



南化水庫大壩全貌

**WATER SUPPLY QUARTERLY**

Volume 20 NO.2 MAY 2001

Water Works Association of the Republic of China(Taiwan)



9 771025 768008

# 自來水會刊第二十卷第二期(78)目錄

## 實務研究：

- 利用BioNET®去除自來水原水硝酸氮之研究 .....鄒文源等四人 ... 3
- 目標管理法應用於提升自來水事業競爭力之探討 .....林建財 ..... 18
- 自來水地下管線耐震分析法探討 .....蔡錦松等三人 ... 34

## 一般論述：

- 淨水場快濾設備功能自我評估方法探討.....薛志宏 ..... 50

## 他山之石：

- 美國自來水協會過濾濾料規格.....康世芳 ..... 58
- 蛻變中的泰國都會區自來水.....吳陽龍 ..... 64

## 會務報導：

- 第十四屆理監事會第十次聯席會議紀錄 ..... 75

## 特 載：

- 自來水設施耐震工法指南及解說（三）下.....蔡錦松 ..... 81

## 自來水會刊雜誌稿約

- 一、本刊為中華民國自來水協會所發行，係國內唯一之專門性自來水季刊，每年二、五、八、十一月中旬出版，園地公開，誠徵稿件。
- 二、歡迎本會理監事、會員、自來水從業人員，以及設計、產銷有關自來水工程之器材業者提供專門論著、實務研究、一般論述、每期專題、業務報導、專家講座、他山之石、法規櫥窗、協會與你、會員動態、研究快訊、學術活動、出版快訊、感性園地等文稿。
- 三、惠稿每篇以三千至壹萬字為宜，特約文稿及專門論著不在此限。
- 四、本刊原則上不刊載譯文或已發表之論文。
- 五、「專門論著」應具有創見或新研究成果，「實務研究」應為實務工作上之研究心得（包括技術與管理），前述二類文稿請儘量附英文題目及不超過150字之中英文摘要，本刊將委請專家1~2人審查。「每期專題」由本刊針對特定主題，邀請專家學者負責籌集此方面論文予以並列，期使讀者能對該主題獲致深入瞭解。「專家講座」為對某一問題廣泛而深入之論述與探討。「一般論述」為一般性之研究心得。「業務報導」為國內自來水事業單位之重大工程或業務介紹。「他山之石」為國外新知或工程報導。「法規櫥窗」係針對國內外影響自來水事業發展重要法規之探討、介紹或說明。「研究快訊」為國內有關自來水發展之研究計畫期初、期中、期末報告摘要。「學術活動」為國內、外有關自來水之研討會或年會資訊。「出版快訊」係國內、外與自來水相關之新書介紹。「感性園地」供會員發抒人生感想及生活心得。「會員動態」報導各界會員人事異動。「協會與你」則報導本會會務。
- 六、惠稿請用稿紙繕正，如有圖表，請以黑墨繪製以便製版，其大小應顧及刊發後版面之清晰程度，所有圖表及照片以原件為佳，皆應附簡短說明，並依在文中出現之次序分別編號。
- 七、文章內所引之參考文獻，依出現之次序排在文章之末，文內引用時應在圓括號內附其編號，文獻之書寫順序為：期刊：作者，篇名，出處，卷期，頁數，年月。書籍：作者，篇名，出版，頁數，年月。機關出版名：編寫機構，篇名，出版機構，編號，年月。英文之作者姓名應將姓排在名之縮寫之前。
- 八、惠稿請註明真實姓名、通訊地址、服務單位及撰稿人之學經歷簡介與1吋照片一張，以利刊登，來稿文責由作者自負。
- 九、稿費標準為專門論著、實務研究、一般論述、每期專題、專家講座、法規櫥窗、他山之石、特載等文稿1200元/千字，「業務報導」為800元/千字，其餘為500元/千字，文稿中之「圖」、「表」如原稿為新製者500元/版面、如原稿為影印複製者，不予計費。
- 十、本刊係屬贈閱，如擬索閱，敬請來信告知收件人會員編號、姓名、地址、工作單位及職稱，或傳真(02)25042350會務組。本刊將納入下期寄贈名單。
- 十一、本會刊內容自88年5月⑩期起已公布於台灣省自來水公司全球資訊網站（[www.water.gov.tw](http://www.water.gov.tw)）歡迎各界參閱。

## 自來水會刊雜誌

發行所名稱：中華民國自來水協會

發行人：林學正

會址：臺北市長安東路二段一〇六號七樓

中華民國自來水協會編譯出版委員會

主任委員：陳榮藏

委員：劉家堯 陳梓濱 張順興 李泰雄 史午康 葉宣顯 蔣本基 廖述良 康世芳  
謝永旭 陳重男 沈進宏 曾浩雄 李輝雄 林顯華 蘇金龍 李丁來 林孟臻

秘書：李丁來

總編輯：劉廷政

傳真：(02)25042350

電話：(02)25073832

副主任委員：劉廷政

編輯：林孟臻 李丁來

校對：古貞苓

電話：(04)22244191轉222

印刷：威文彩色印刷公司

出版地址：臺中市雙十路二段二號之一

行政院新聞局出版事業登寄證局版台誌字第2995號

中華郵政北台字第0473號執照登記為雜誌交寄

地址：台中市工業區23路2-1號

電話：(04)23586977

# 利用BioNET<sup>®</sup>去除自來水原水硝酸氮之研究

鄒文源\*、張王冠\*、洪仁陽\*、吳漢松\*\*

## 摘要

近數十年來，地下水由於受到工業廢水及畜牧業污水的影響，以致水中硝酸鹽有逐年增加的趨勢。而根據諸多實驗結果證實，利用生物脫氮法可降低給水中硝酸鹽類的濃度，針對飲用水含氮污染物處理技術目前仍以異營性脫氮菌為主。如何利用生物脫氮法來降低自來水處理之費用，為當前生物處理技術開發之重點。反應槽添充PU泡綿之BioNET高效率喜氣浮動床處理技術，是利用泡綿刻意培養特殊微生物族群，來提高處理槽脫氮之功能，以利去除原水中之硝酸鹽，降低自來水之操作成本。

本研究係以0.5m<sup>3</sup> BioNET脫氮槽與0.3m<sup>3</sup> BioNET除碳槽串聯之模型廠，對自來水公司大林第二淨水廠之原水，進行去除硝酸鹽之試驗及操作探討。模型廠操作結果顯示：大林第二淨水廠原水中硝酸氮濃度介於10mg/L至20mg/L之間，平均為13.77 mg/L。其他TKN、氨氮、總磷及有

機物如TOC、TCOD、SCOD等，則沒有受到明顯污染。由試驗結果可知，當進流水NO<sub>3</sub>-N平均濃度在11.89mg/L，脫氮槽之HRT為25分，除碳槽之HRT為15分，控制乙醇添加量之C/N比為3.3：1，處理水之NO<sub>3</sub>-N之濃度平均可下降至4.03mg/L，NO<sub>3</sub>-N去除率可達67%。

實驗結果顯示，BioNET處理技術同時具有操作簡單及操作彈性大之優點，反應槽水力停留時間短，可節省建造所需土地面積及反應槽體積，應用於自來水淨水廠之原水前處理，對硝酸氮去除具有良好之處理效果。為避免NO<sub>3</sub>-N大於10mg/L可能影響人體健康，在現有的自來水處理流程前，增添此一操作簡單又經濟的處理單元，以去除硝酸氮，應是直接可行方式。

關鍵詞：自來水原水、PU泡綿、硝酸鹽、生物脫氮、BioNET

## 一.前言

台灣由於地狹人稠，而且工業及農業發達，使得大多數地區的飲用水水源，或

\* 財團法人工業技術研究院環境與安全衛生發展中心研究員

\*\* 財團法人工業技術研究院環境與安全衛生發展中心副研究員

多或少都受到污染。由於原水受污染，使得淨水場的處理程序需要增加處理單元，才能供應符合標準的飲用水。在水源污染中，由於工業廢水或農牧污水，造成原水受到如氨、硝酸、亞硝酸、有機氮化合物等含氮污染物的污染，無論是在國內、國外都是相當普遍的。因此，如何去除這類含氮污染物，就成了淨水技術研發的重要課題，目前研發的技術，雖然包括薄膜分離（李丁來，1996；游惠宋等1998）、離子交換（張王冠等，1997）、化學氧化還原等物化處理技術及以硝化脫氮為主的生物處理技術，但整體而言仍以生物處理最為可行（邱創汎等，1997；洪仁陽等，1997）。

### 1.1 生物脫氮

含氮污染物的生物處理包括生物分解、硝化、脫氮等三種不同類型的反應，其反應途徑簡單描述於圖1（邱創汎等，1997）。當原水中的污染物為有機氮時（例如動物排泄之蛋白質、氨基酸等），這些污染物必須先經由異營性微生物分解成無機氮（如氨氮、硝酸氮），再經硝化菌將氨氮氧化成硝酸氮，最後再由脫氮菌將硝酸氮還原成氮氣，達到水質淨化的目的。這三種反應，分別由不同的微生物，在不同的環境下進行，所以在技術上必須同時考慮微生物的生長控制及反應器設計，才能達到經濟有效的效果。

廣義的生物脫氮是指利用微生物去除

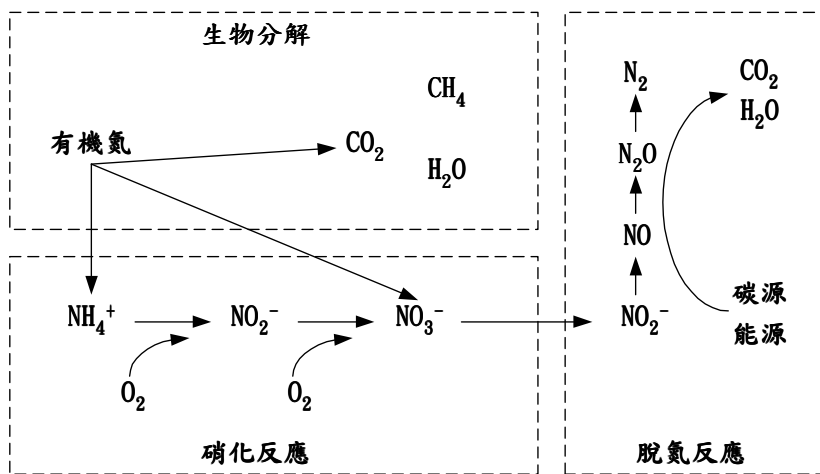
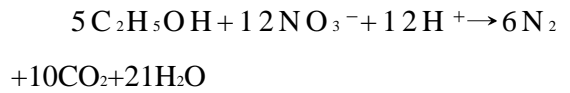


圖1 原水含氮污染物之生物淨化程序反應途徑示意圖

水中的氮化合物，包括微生物利用水中的氮氣合成細胞體之同化反應，以及微生物將硝酸氮及亞硝酸氮還原成氮氣的異化反應。前者對於氮的去除貢獻不大，所以不在此研究討論，後者則是本研究重點。脫氮（denitrification），是指微生物在無氧的環境下，利用亞硝酸根或硝酸根，替代氧氣（作為生化反應的電子接受者），進行氧化反應，微生物在此過程取得維持生命所需要的能量。由於微生物利用亞硝酸根或硝酸根進行氧化所取得的能量，低於正常情況利用氧氣進行氧化反應所得到的能量，所以只要環境中有氧氣存在，一般而言，脫氮反應就不易發生（受到氧氣抑制）。

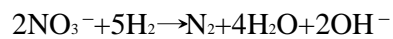
脫氮微生物可以依照微生物碳元素的來源加以區分成異營性脫氮菌及自營性脫氮菌兩大類，前者是指必須由有機物取得合成菌體所須要碳源的微生物群，後者是指可以由二氧化碳或碳酸根合成菌體的微生物。早期無論是廢水或飲用水，脫氮反應主要是應用異營性微生物為主，但近年的發展顯示，自營性微生物脫氮有其優點，所以許多新研究多以自營性菌的應用為主（Mateju et al.,1992 and Gayle et al.,1989）。利用異營性脫氮菌脫氮，必須加入碳源作為微生物的氧化對象，乙醇沒有毒性，不容易受到黴菌污染，是原水脫氮最佳的碳源。若以乙醇為例，脫氮反

應的化學平衡可以寫成：



也就是每去除1kg硝酸氮需要1.37kg乙醇，其他常用的碳源還有醋酸、甲醇等。

近年發展的自營性脫氮，可以用氫氧化菌為代表，該微生物以氫為電子供給者，以硝酸根為電子接受者，脫氮反應是如下：



理論上去除1kg硝酸氮需要約0.357kg氫氣，實際上的需要量會略高於理論值，約為0.38-0.4H<sub>2</sub>/kg NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N。除氫氣之外，還有硫化物，如硫磺、亞硫酸、硫代硫酸根等，也可作為自營性微生物的電子供給者。

傳統的脫氮技術，需要加入甲醇、醋酸、乙醇等有機物作為碳源，由於添加量無法精確控制，所以一般在脫氮槽後，還要再加入除碳槽單元，以去除過量的碳源。新發展的脫氮處理技術朝向改用氣態的一氧化碳、甲烷、氫氣等物質或固態的元素硫作為脫氮的碳源或電子供應者，使用這些物質的優點是，這些物質在水中的溶解度都不高，所以沒有添加過量的問題，其缺點則是利用這些物質進行脫氮時，反應速率比乙醇慢，所以反應槽體積較大。

## 1.2 BioNET高效率浮動床處理技術

BioNET反應槽淨化法屬於微生物處理法，其原理為利用PU泡綿作為微生物附著生長之擔體，於適當之環境條件下，微生物於擔體之表面增殖，形成生物膜，藉由大量微生物生物膜之作用，分解水中之污染成份，可達到淨化水質之目的。

由於BioNET反應槽採用之接觸濾材PU泡綿具有極大之比表面積（ $\text{m}^2/\text{m}^3$ ），可提供大量之表面積作為微生物增殖之環境，因此，對於水質之淨化，具有相當大之應用潛力；而另一方面，由於大林第二淨水廠原水水質之懸浮固體物濃度不高，因此，採用BioNET反應槽淨化法，處理效率可提高。

BioNET反應槽，採用多孔性擔體作為反應槽之介質，根據相關文獻之報導與目前累積之研究經驗，本處理系統所具有之技術特點如下：

- a. 採用多孔性擔體作為反應槽之介質，提高懸浮固體物攔截之機會，同時，由於擔體屬於開放性孔洞，有助於水流流況之穩定。
- b. 多孔性擔體提供廣大表面積作為微生物附著、增殖之介質，可累積大量生物膜微生物，有助於達到去除各種污染物之目的。
- c. 多孔性擔體上成長大量微生物，反

應槽具有高負荷、高效率、高穩定性的優點。

- d. 成長於多孔性擔體之生物膜型態，有助於特定族群微生物之馴養。
- e. 採用固定床/膨脹床方式操作，具有操作簡易之特點。
- f. 對於有機污染物之處理，多孔性擔體之成本與浸水濾床材質相近，但其處理功能可達浸水濾床之二倍。

由目前相關研究結果可知，採用多孔性擔體之接觸濾床淨化技術，對於受污染原水之淨化、提昇自來水之品質，去除硝酸氮等應具有良好之處理效果。

## 二. 研究方法

本研究採用多孔性泡綿擔體之生物浮動床技術，配合自來水公司之需求，在大林第二淨水廠進行原水脫氮處理試驗，現場以 $0.5\text{m}^3$ 級BioNET脫氮槽與 $0.3\text{m}^3$ 級BioNET除碳槽串聯之模型廠，進行原水前處理試驗，其目的在求取放大設計參數及建立BioNET處理槽之操作應用技術。

### 2.1. 實驗設備

$0.5\text{m}^3$ 級BioNET脫氮槽與 $0.3\text{m}^3$ 級BioNET除碳槽串聯之模型廠處理流程示意如圖2所示。使用之設備包括：進流泵、迴流泵、流量計、BioNET脫氮槽、BioNET除碳槽、磷酸桶、乙醇桶、空壓

機等。

### 2.1.1 BioNET脫氮反應槽

BioNET脫氮反應槽為圓柱體，槽體直徑55cm、高245cm，有效體積為0.5m<sup>3</sup>，反應槽為不銹鋼SUS304材質製，底部設有曝氣盤。

### 2.1.2 BioNET除碳反應槽

BioNET除碳反應槽為圓柱體，外觀直徑45cm、高195cm，有效體積為0.3m<sup>3</sup>，反應槽為不銹鋼SUS304材質製，底部設有曝氣盤。

### 2.1.3 PU泡綿

反應槽中填充PU泡綿（鄒文源，1999），每顆泡綿直徑為2.2cm、厚度為2cm，體積為4.5cm<sup>3</sup>，脫氮反應槽填充泡綿量為槽體之83%，除碳反應槽填充泡綿量為槽體之76%，孔隙率分別為70%。

## 2.2 實驗操作與控制

本研究採模型廠現場試驗方式進行，模型廠處理試驗之重點在於，探討反應槽單元之處理效能及穩定性，作為實廠設計之依據。模型廠試驗於大林第二淨水廠現場進行，引水廠進水口之原水，流入一緩衝槽，再用泵浦抽送至BioNET脫氮反應槽，脫氮出流水靠重力流入除碳槽，經喜氣處理後，先流入放流水槽後再排放。模廠試驗初期先控制進水量為10L/min，脫氮反應槽起動時外加食品工廠活性污泥

40L植種微生物，控制進流/迴流比為1：1，大約經過15天連續馴養後，PU泡綿會因附著生長微生物，泡綿擔體重量增加後會下降而形成浮動床，試驗期間則停止迴流；除碳反應槽採全面曝氣，初期曝氣量為0.8Nm<sup>3</sup>/min，馴養完成後提高曝氣量為1.7Nm<sup>3</sup>/min。

模型廠試驗進行中，脫氮槽主要之控制參數為水力停留時間及乙醇添加量，除碳槽則控制曝氣量，試驗過程中連續採取原水、脫氮槽及除碳槽之水樣進行分析，以評估模型廠之處理性能與穩定性，以確實掌握自來水原水脫氮處理之可行性。模型廠試驗採樣分析之項目包括有機物質（TOC、TCOD、SCOD、SS）、營養鹽物質（TKN、氨氮、硝酸鹽氮、亞硝酸鹽氮等）與濁度，分析方法如表1所示。

## 三. 結果與討論

大林第二淨水廠BioNET脫氮處理試驗，對原水水質調查與模廠試驗結果分別討論，模廠脫氮試驗主要控制脫氮槽HRT為25分，且不迴流，除碳槽HRT控制為15分。

### 3.1 大林第二淨水廠原水水質調查

大林第二淨水廠原水水質自89.5.11至89.12.15採樣分析結果整理成表2，由表中可知：

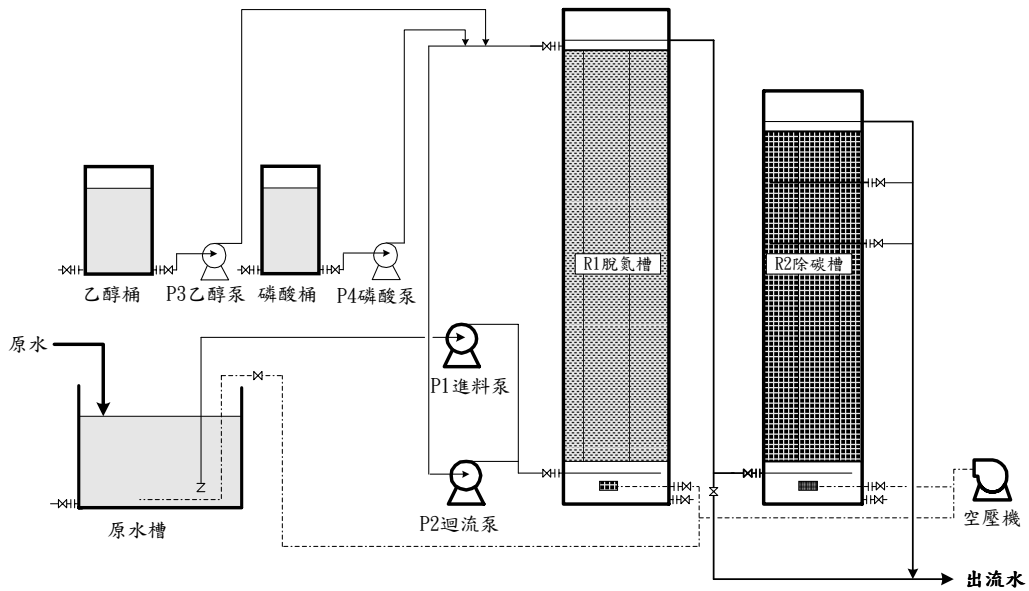


圖2 BioNET模型廠流程示意圖

表1 水質分析方法

項目	分析方法
PH	SUNTEX pH meter SP-2200
TOC	TEKMAR-Dohrmann Phoenix 8000
TCOD	混合均勻水樣, Standard Methods 508.B Closed Reflux, Titrimetric Method
SCOD	0.45 $\mu$ m 過濾水樣, 同上
SS	行政院環境保護署, 方法 210.1
濁度	HACH/U.S.A. Model 2100P
TKN	CNS K9017, 廢水污水總凱氏氮檢驗法
TP	行政院環境保護署, 方法 427.1
氨氮、硝酸鹽氮、亞硝酸鹽氮	DIONEX /U.S.A. DX-100 Ion Chromatograph

大林第二淨水廠原水pH平均值為7.12。TOC最高為2.76mg/L、最低0.36mg/L，平均為0.94mg/L。TCOD最高為29.70mg/L，最低為0.45mg/L，平均為10.66mg/L；SCOD平均為6.34mg/L，

SCOD濃度<5mg/L佔最多為58%，其次是5~10mg/L的佔29%。

原水SS最高達17.5mg/L，最低為2.5mg/L平均為4.92mg/L。濁度最高是13.4NTU，最低為0.32NTU，平均為

表2 大林第二淨水廠原水水質分析結果

項目	最小值	最大值	平均值
pH	6.32	7.94	7.12
TOC (mg/L)	0.36	1.65	0.71
TCOD (mg/L)	0.45	29.70	10.66
SCOD (mg/L)	0.25	18.60	6.34
SS (mg/L)	2.50	17.50	4.92
濁度 (NTU)	0.32	13.40	4.37
TKN (mg/L)	0.00	2.87	0.55
氨氮(mg/L)	0.00	0.38	0.03
硝酸氮(mg/L)	10.06	19.90	13.77
亞硝酸氮(mg/L)	0.00	0.25	0.003
總磷(mg/L)	0.00	0.68	0.04

※表中0為低於偵測極限值。

4.37NTU。濁度在<3NTU的佔最多為47%，3~6NTU的佔25%，因此濁度在6NTU以下的原水共佔72%。

原水TKN最高達2.87mg/L，最低為0mg/L，平均為0.55mg/L。氨氮最高為0.38mg/L、最低為0mg/L，平均為0.03mg/L。大部份原水不含氨氮。硝酸氮最高為19.90mg/L，最低為10.06mg/L，平均為13.77mg/L。原水亞硝酸氮最小值為0mg/L，最大值為0.25mg/L，平均為0.003mg/L，因此99%的原水不含亞硝酸氮。原水總磷平均為0.04mg/L，大部份的原水沒有磷的污染。

綜合以上之原水水質分析結果可知，大林第二淨水廠原水含有較高硝酸氮成分，濃度介於10mg/L至20mg/L之間，其

他TKN、氨氮、總磷及有機物如TOC、TCOD、SCOD等，則大致符合飲用水水源水質標準。為使原水達到飲用水水源水質標準，避免硝酸氮可能影響人體健康，原水宜採適當的脫氮前處理。

### 3.2模廠試驗結果與討論

模廠試驗期間控制脫氮槽水力停留時間(HRT)為25分，乙醇添加量與硝酸氮之C/N比為3.3:1，COD體積負荷(含原水TCOD)為3.10kgCOD/m<sup>3</sup>.day，硝酸氮體積負荷為0.70kgNO<sub>3</sub>-N/m<sup>3</sup>.day；除碳槽HRT為15分，脫氮槽不迴流，其它操作條件及結果示於表3。

#### 3.2.1進流水及脫氮槽、除碳槽出流水之pH變化

表3 大林原水脫氮模型廠試驗操作條件及結果

試表中為	89.10.9低89.12.15				
於偵測極	限值。		除碳。		
反應。體積(m <sup>3</sup> )	0.5		0.3		
進料量(m <sup>3</sup> /day)	28.8		28.8		
水力停留時間(min)	25		15		
有機物體積負荷(kgCOD/m <sup>3</sup> .day)	3.10		6.88		
硝酸氮體積負荷(kgNO <sub>3</sub> /m <sup>3</sup> .day)	0.70		0.23		
	進流水水質	脫氮槽		除碳槽	
水質項目		出流水水質	增減量	出流水水質	增減量
pH	7.13	6.95	-	7.27	-
TOC (mg/L)	1.11	7.62	6.51	1.38	0.27
TCOD (mg/L)	12.38	38.20	25.82	16.18	3.80
SCOD (mg/L)	8.23	28.99	20.76	12.00	3.77
SS (mg/L)	9.46	30.10	20.64	15.64	6.18
濁度 (NTU)	7.73	25.99	18.26	4.29	-3.44
TKN (mg/L)	0.59	1.52	0.93	0.70	0.11
NH <sub>3</sub> -N (mg/L)	0.06	0.15	0.09	0.09	0.03
NO <sub>3</sub> -N (mg/L)	12.09	4.21	-7.88	4.03	-8.06
NO <sub>2</sub> -N (mg/L)	0.00	0.23	0.23	0.00	0
TP (mg/L)	0.04	1.89	1.85	1.73	1.69

註：(1)除碳槽出流水TOC、TCOD、SS等增減量，是與進流水水質比較。

由表3之pH值可知，試程中進出流水的pH變化不大，水質都呈中性，其中原水平均7.13，脫氮槽平均6.95，脫氮槽pH下降的原因，可能是碳源未利用完全酸化所致；除碳槽因硝酸氮及有機酸減少，所以pH稍微上升至7.27。

### 3.2.2 進流水及脫氮槽、除碳槽出流水之TOC變化

由圖3TOC之變化可知，進流水、脫氮槽及除碳槽TOC平均值分別為1.11mg/L、7.62mg/L及1.38mg/L，脫氮槽

及除碳槽TOC上升的原因是因脫氮處理時需添加乙醇當碳源，而脫氮反應時又沒有完全利用完，以致脫氮槽TOC上升。設計除碳槽之目的是為了去除脫氮槽多餘的TOC，但可能除碳槽之有機負荷太高，所以沒有完全分解TOC。

### 3.2.3 進流水及脫氮槽、除碳槽出流水之TCOD、SCOD之變化

由圖4TCOD之變化可知，進流水、脫氮槽及除碳槽TCOD平均值分別為12.38mg/L、38.20mg/L及16.18mg/L。由

圖5SCOD之變化可知，原水、脫氮槽及除碳槽SCOD平均值分別為8.23mg/L、28.99mg/L及12.00mg/L，脫氮槽及除碳槽TCOD、SCOD上升的原因與TOC相同，是因為脫氮處理時添加乙醇當碳源，造成脫氮槽之有機物體積負荷高達3.10kgCOD

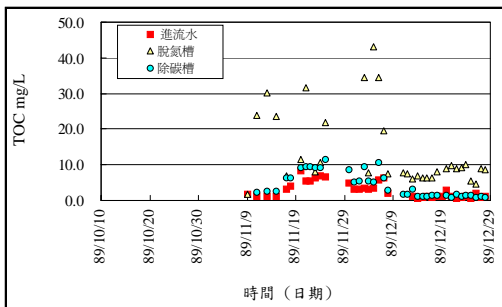


圖3 進流水、脫氮槽及除碳槽TOC之變化

/m<sup>3</sup>.day，而脫氮反應時又無法完全利用完，以致脫氮槽TCOD及SCOD上升。而除碳槽TCOD及SCOD上升的原因，是因為除碳槽之有機物體積負荷太高，而無法完全分解COD。

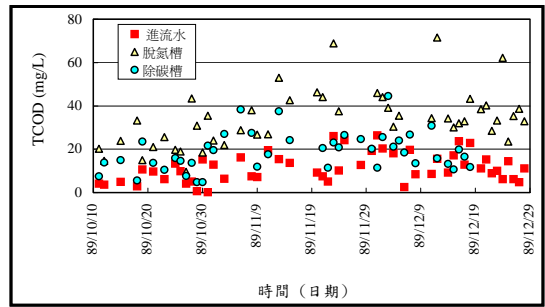


圖4 進流水、脫氮槽及除碳槽TCOD之變化

### 3.2.4 進流水及脫氮槽、除碳槽出流水SS之變化

由圖6SS之變化可知，進流水平均SS為9.46mg/L，經脫氮槽處理後之出流水上升為30.10mg/L，造成脫氮槽出流水SS上升的原因，是因添加乙醇當脫氮碳源，以

致微生物增殖，造成出流水SS上升；脫氮槽出流水再經除碳槽處理後則下降至15.64mg/L。由於脫氮處理後出流水，在自來水處理流程會經過混凝沉澱單元處理，因此脫氮處理出流水SS上升應不會造成問題。

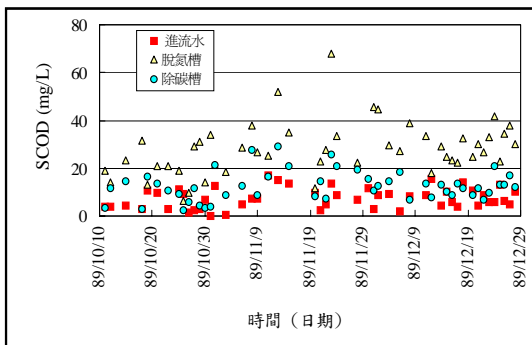


圖5 進流水、脫氮槽及除碳槽SCOD之變化

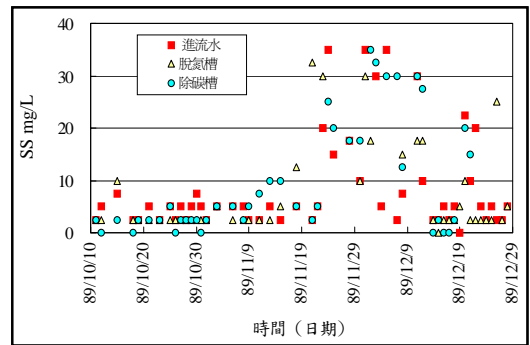


圖6 進流水、脫氮槽及除碳槽SS之變化

### 3.2.5 進流水及脫氮槽、除碳槽出流水濁度之變化

由圖7濁度之變化可知，進流水平均濁度為7.73NTU，與水質調查期間之平均質比較，進流水濁度較高，是因季節不同的原因造成；經脫氮槽處理後之出流水上升為25.99NTU，造成濁度上升的原因，是因為污泥增殖，出流水SS增加所致；脫氮槽出流水再經除碳槽處理後，因一部份SS分解，一部份凝聚成大顆粒，所以濁度下降為4.29NTU。

### 3.2.6 進流水及脫氮槽、除碳槽出流水TKN及氨氮之變化

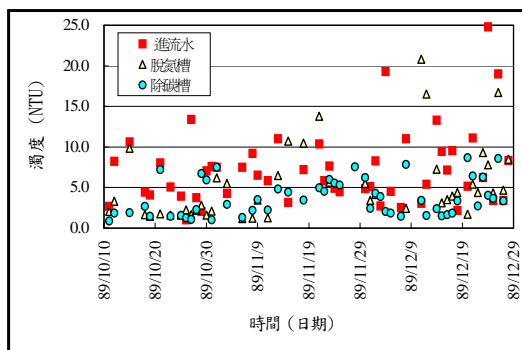


圖7 進流水、脫氮槽及除碳槽濁度之變化

### 3.2.7 進流水及脫氮槽、除碳槽出流水硝酸氮及亞硝酸氮之變化

由圖10硝酸氮之變化及圖11亞硝酸氮之變化可知，進流水中硝酸氮平均濃度為12.09mg/L，亞硝酸氮為0mg/L；由表3可知脫氮槽之硝酸氮體積負荷為0.70kg NO<sub>3</sub>-N/m<sup>3</sup>.day，此時添加的碳源與硝酸氮比是

由圖8模廠試驗TKN之變化可知，當脫氮槽HRT為25分時，進流水平均TKN為0.59mg/L，經脫氮槽處理後之出流水上升為1.52mg/L，造成TKN上升的原因是微生物利用硝酸氮與乙醇、磷酸合成新的微生物，微生物再隨出流水流出時，TKN就相對增加。至於除碳槽TKN稍微下降為0.70 mg/L，則是因放流水SS減少所致。

由圖9氨氮之變化可知，脫氮槽之進流水幾乎不含氨氮，平均僅有0.06mg/L，經脫氮槽處理後之出流水亦不高為0.15mg/L。再經除碳槽處理後，氨氮則下降為0.09 mg/L。

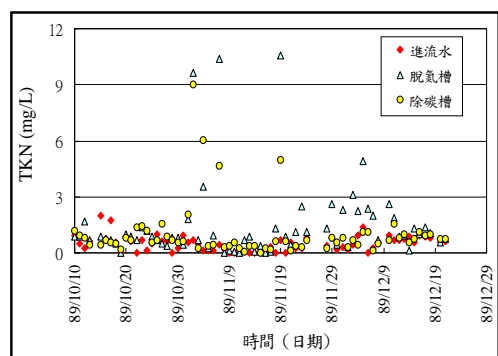


圖8 進流水、脫氮槽及除碳槽TKN之變化

3.3 : 1，脫氮槽出流水NO<sub>3</sub>-N濃度為4.21mg/L，NO<sub>2</sub>-N為0.24mg/L；再經除碳槽處理後NO<sub>3</sub>-N降為4.03mg/L，NO<sub>2</sub>-N則趨近0.00mg/L。綜合NO<sub>3</sub>-N與NO<sub>2</sub>-N之結果，脫氮槽的去除率為63.19%，除碳槽的去除率為66.67%。

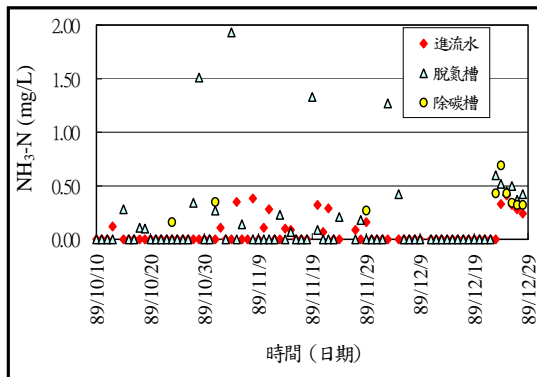


圖9 進流水、脫氮槽及除碳槽NH<sub>3</sub>-N之變化

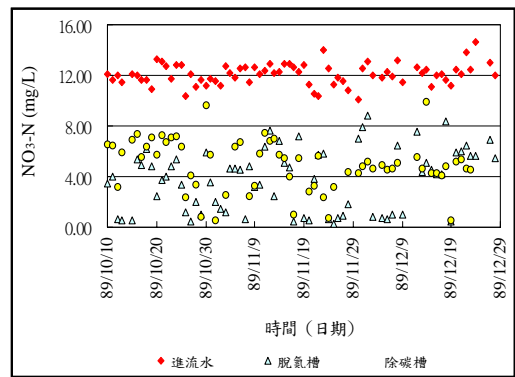


圖10 進流水、脫氮槽及除碳槽NO<sub>3</sub>-N之變化

### 3.2.8 進流水及脫氮槽、除碳槽出流水總磷之變化

由圖12總磷之變化可知，進流水幾乎不含磷，總磷平均值為0.04 mg/L；脫氮槽及除碳槽出流水總磷平均值分別為1.89mg/L及1.73mg/L。脫氮槽及除碳槽磷酸上升的原因是，因脫氮處理時添加磷酸當營養源，並提供分解代謝能量傳遞之用，本試程添加之C：N：P比例約為20：6：1。由於脫氮反應時總磷沒有完全利用完，以致脫氮槽及除碳槽出流水總磷濃度上升。

### 3.2.9 試驗期間泡綿中之污泥量

模型廠試驗89.12.11時從BioNET反應槽頂之取樣口，取泡綿20顆，利用純水擠壓清洗6次，PU泡綿烘乾並測其重量，此重量與原始新泡綿重量比較，結果減少了5.0%。污泥液利用高速離心機8000rpm離心20分，刮取沉澱污泥經105℃烘乾是為

SS，乾污泥經550℃高溫爐烘燒，揮發掉的成份為VSS即是有效菌體量。經分析結果每顆泡綿污泥含有SS為35.38mg，VSS為21.45mg，VSS與SS的比值為0.60。

脫氮反應槽添加約51,400顆泡綿，每顆泡綿含微生物（VSS）21.45mg，因此槽中共有微生物量1,102g，如果以此微生物量，計算試程1的COD生物負荷為1.37 kg COD/kg VSS day，硝酸氮生物負荷為0.32kg NO<sub>3</sub>-N/kg VSS day。

綜合試驗結果可知，當原水NO<sub>3</sub>-N平均濃度在12.09mg/L，使用BioNET脫氮處理技術，脫氮槽之HRT為25分，脫氮槽不迴流，除碳槽之HRT為15分，控制乙醇與NO<sub>3</sub>-N之C/N比為3.3：1，處理水之NO<sub>3</sub>-N之濃度平均可下降至4.03mg/L，NO<sub>3</sub>-N去除率可達67%左右。

## 四、經濟評估

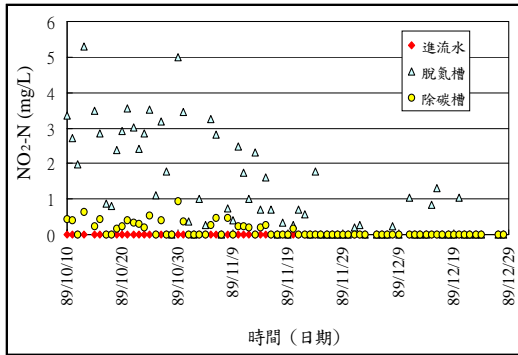


圖11 進流水、脫氮槽及除碳槽NO<sub>2</sub>-N之變化

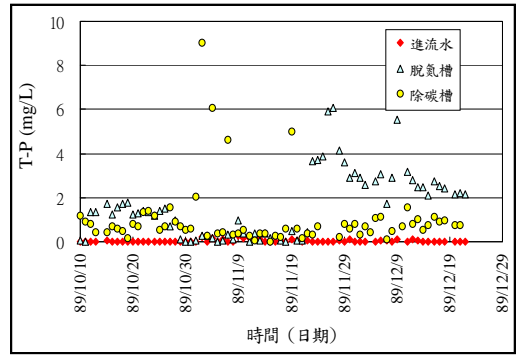


圖12 進流水、脫氮槽及除碳槽總磷之變化

設計每天處理3,000m<sup>3</sup>自來水原水，原水NO<sub>3</sub>-N為16mg/L，採用BioNET處理技術之流程如圖13，其建造費與操作費預估如下：

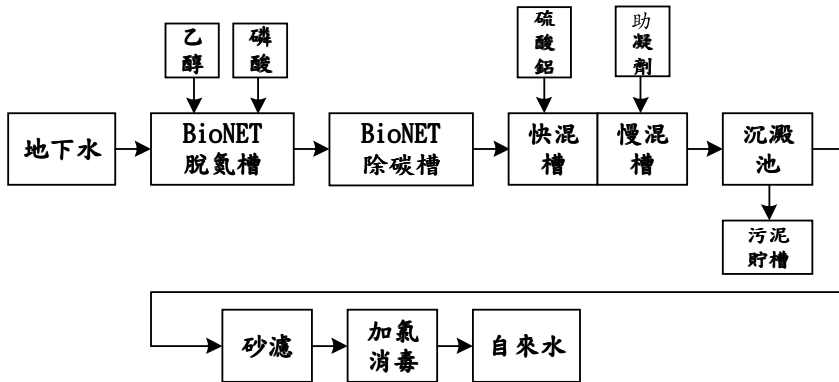


圖13 自來水原水處理流程

#### 4.1 建造費評估

BioNET脫氮處理廠建造費及土地需求如表4。總建造費預估為NT\$1,475萬元，土地需求為410m<sup>2</sup>。

#### 4.2 BioNET處理廠操作費評估

BioNET處理廠操作費計價基準及總操作費如表5。每天需要處理費約6,615元，平均每m<sup>3</sup>處理費為2.2元。

### 五、結論與建議

#### 5.1 結論

1. 綜合原水水質分析結果可知，大林第二淨水廠原水含有較高硝酸氮成分，濃度介於10mg/L至20mg/L之間，平均為13.77 mg/L，其他TKN、氨氮、總磷及有機物如TOC、TCOD、SCOD等，則大致

表4 Bio BET脫氮處理廠建造費及土地需求

設計基準	脫氮反應槽	除碳反應槽	快混慢混槽	沉澱槽	污泥貯槽	其他桶槽	合計
HRT(分)	25	25	25	120	25天		-
體積(m <sup>3</sup> )	55	55	55	250	10	30	485
土地需求(m <sup>2</sup> )	33	39	48	250	10	30	410
造價(萬元)	220	220	165	750	30	90	1475

註：(1)脫氮反應槽高6m、除碳反應槽高5m、快混慢混槽高4m、沉澱槽高3m、其他桶槽高3m。

(2)反應槽建造費含泡綿，單價為NT\$40,000/m<sup>3</sup>。

(3)其他桶槽包括：快混慢混槽、乙醇桶、磷酸桶、PAC桶。建造費為NT\$30,000/m<sup>3</sup>。土地需求包含管路及週邊設備，因此約為槽體的3倍。

表5 BioNET處理廠操作費計價基準及總操作費

2 8 . 1	5 3 0 6 1	操作2 (元/天)1
乙醇1	100L/day/ 40NT\$/L1	4L0001
d a 1	5L/day/ 01NT\$/L1	1501
4NT1	\$0kg/day/ 01NT\$/kg1	1L001
P 2 1	1ACKW電kg1TKWHODreOdL1 1A00T\$/kW電	451
m o v 污2 1	0AC5kg1 泥01kg1TKWHODre0 00T\$/kg1處m o 1	C01
理5 1	1	\$L\$151

符水源水質標準。為使原水達到飲用水水源水質標準，避免自來水可能影響人體健康，原水宜採適當的脫氮前處理。

2.由試驗結果可知，當進流水NO<sub>3</sub>-N平均濃度在12.09mg/L，使用BioNET脫氮處理技術，脫氮槽之HRT為25分，脫氮槽不迴流，除碳槽之HRT為15分，控制乙醇添加量之C/N比為3.3：1，處理水之NO<sub>3</sub>-N之濃度平均可下降至4.03mg/L，NO<sub>3</sub>-N

去除率可達67%左右。顯示脫氮槽不迴流不會降低去除率，反而可避免溶氧增加而提高去除率。

## 5.2建議

BioNET處理技術同時具有操作簡單及操作彈性大之優點，反應槽水力停留時間短，可節省建造所需土地面積及反應槽體積，應用於自來水淨水廠之原水前處理，對硝酸氮去除具有良好之處理效果。

因此為避免NO<sub>3</sub>-N大於10mg/L可能影響人體健康，在現有的自來水處理流程前，增添此一操作簡單又經濟的處理單元，以去除硝酸氮，應是直接可行方式。

## 參考文獻

1. 李丁來（1996）薄膜技術應用之探討，中華民國自來水協會會刊，第十五卷第一期，p.40~52。
2. 游惠宋（1997）喜氣流動床技術開發，工業技術研究院化學工業研究所。1992。
3. 邱創汎、游惠宋、洪仁陽、張王冠、邵信（1997），飲用水含氮污染物處理技術（一）：生物脫氮，中華民國自來水協會會刊，第十六卷第三期，p.62~67。
4. 洪仁陽、邱創汎、游惠宋、張王冠、邵信（1997），飲用水含氮污染物處理技術（二）：生物脫氮，中華民國自來水協會會刊，第十六卷第四期，p.24~30。
5. 張王冠、洪仁陽、邱創汎、游惠宋、邵信（1997），飲用水含氮處理技術（三）：離子交換脫氮，中華民國自來水協會會刊，第十七卷第一期，p.89~95。
6. 鄭幸雄（1997），台灣南部給水源污染特性及生物處理程序功能之探討，中華民國自來水協會會刊，第十六卷第一期，p.30~56。
7. 游惠宋、張王冠、洪仁陽、邵信、邱創汎（1998），飲用水含氮處理技術（四）：薄膜分離除硝酸鹽氮，中華民國自來水協會會刊，第十七卷第四期，p.25~29。
8. 鄒文源、張王冠、洪仁陽、吳漢松、莊順興（1999），BioNET生物程序處理自來水原水之研究，中華民國自來水協會會刊，第十八卷第四期，p.22~33。
9. 張王冠、莊順興、洪仁陽、鄒文源（2000），“應用BioNET技術處理工業廢水二級處理出流水”，2000產業環保工程實務技術研討會，經濟部工業局，Nov. 17, p.39~56。
10. Breitenbucher, K., (1990), Open-Pore in Sintered Glass As A High-Efficiency Support Medium in Bioreactors : New Results And Long-Term Experiences Achieved in High-Rate Anaerobic Digestion, Wat. Sci. Tech., Vol. 22.
11. Chang, W-k, Tzou, W-Y, Wu, H-S, Chuang, S-H and You, H-S, (1999), Application of BioNET Process for Pretreatment of Raw Water, 7th IAWQ Asia-Pacific Regional Conference, Tapei, Taiwan, October, p.18-20.

12. Dahab, M. F., (1993), Comparison and Evaluation of In-Situ Bio-Denitrification Systems for Nitrate Reduction in Groundwater, *Wat. Sci. Tech.*, Vol.28, No.3-5, p.359-368.
13. Deguchi, H. and M. Kashiwava, (1994), Study on Nitrified Liquor Recycling Process Operations Using Polyurethane Foam Sponge Cubes As Biomass Support Medium, *Wat. Sci. Tech.*, Vol.30, No.6, p.143-149.
14. Gayle, B.P., G.D. Boardman, J.H. Sherrard and R.E. Benoit, Biological denitrification of water, *Journal of Environmental Engineering*, 1989, Vol.115, No.5, pp930-943.
15. Mateju, V., S. Cizinska, J. Krejci and T. Janoch, Biological water denitrification- A review, *Enzyme Microbiology Technology*, 1992, Vol. 14, pp170-183.
16. Wartchow, D., (1990), Nitrification and Denitrification In Combined Activated Sludge Systems, *Wat. Sci. Tech.*, No1.22.

## 目標管理法應用於提升自來水事業競爭力之探討

林建財\*

### 壹、前言

隨著廿一世紀來臨，科技產業已成爲今日世界主要經濟舞台，然而不論資訊、通訊或生化科技，都必須依附在自來水及電力等基礎建設之後才得以完成，許多已開發國家，由於缺乏水危機意識，使得水危機成爲經濟可持續發展的重要制約因素，因此，今天的自來水已躍居新經濟時代致勝要件之一，雖然國營事業民營化是當前世界趨勢，自來水供應在世界各先進國家，政府不一定是實際經營者，但是政府卻必須運用政治力量來促成，並確保優質供水服務。因此今後自來水經營世界趨勢將邁向「由誰來經營自來水並不是重點，核心的關鍵問題是經營者必須具有高度的效率」。這一觀念的改變和最近落幕的跨部會產官學民營化研討會結論：「確定民營化並非公營事業企業化的唯一途徑」二者之觀念非常吻合。

紐約市著名的貝爾史登投資公司（Bears Sterns）首席投資策略家瑪凱

E.Macke表示：「水」才是下一世紀最重要的產業，爲確保產業科技競爭優勢，就必須先掌握自來水的優質服務，才能達成產業升級，八十九年十月十三日陳水扁總統主持財經政策會報宣示「不缺水、不缺電」以確保經濟產業發展，因此，如何達成自來水的優質服務更是身爲供水管理者經營的核心目標。

尤其目前台灣隨著政權移轉，自新政府成立以來，政治生態發生重大改變，民主自由意識高度發展的結果，以主權在民之理念，政府全面推動「顧客導向」服務以提升競爭力，經濟部長林信義八十九年七月一日在給經濟部同仁的一封信中更指出：「我們要瞭解顧客的需求，並且要使顧客對我們的產品滿意，要將我們的產品生產的多、生產的好、生產的更有效率。現代的政府應該與一般企業一樣，隨時都有危機意識，要瞭解政府必須與民間企業一樣，要想辦法隨時提升自己的競爭力，爭取顧客的認同，多利用調查分析的方法，或以創意性的思考注意環境的變遷、

\* 台灣省自來水公司第九區管理處秘書

社會的動脈，讓我們提供的服務永遠趕上顧客的需求甚至超前，加深顧客對我們的滿意度」。因此，自來水企業處在政治思變革，顧客期待滿意之壓力下，如何創造顧客滿意，甚至達到超越顧客期待之目標，以獲得競爭優勢，已成為經營之核心策略。

自來水經營的效能顧客是最終評量者，如果自來水機構中充斥舊思維，低效率人力或不必要的累贅，不合時宜規章，低劣之技能或生產流程，遲滯之因應能力，則此組織根本無法提供自來水顧客長期的價值，若組織再無法傾聽顧客聲音做適度改革，無法顧及內在員工需求做再造，則此一組織體將陷於岌岌可危情況，因此，必須建構自來水員工在對外行銷方面能以顧客為核心之思維，以優質的供水與服務來創造高度的顧客滿意，在對內行銷方面能保持迅速的應變反應機制，以不斷的學習與不斷改進來促成全面的進步，包括供水品質、顧客服務、生產與經營管理效能之提升，也只有透過這個主軸，才能使自來水事業在劣勢環境之劇烈競爭中，不但達成既定績效目標外並得到永續成長。

內部行銷觀念之塑造，為以服務為主體的現代自來水事業企業文化之重心。自來水企業文化形諸於員工的行動或意念，管理者可經由改變員工行為或意念，來塑

造出優質的自來水文化，尤以面臨公營事業全面民營化壓力之際，重塑優質自來水文化以目標管理統合系統思維，依內部行銷觀念提升組織績效達成顧客滿意更具其迫切性。

## 貳、應以系統性思維建構內部行銷觀念創造自來水顧客滿意

### 一、自來水服務應有行銷及系統觀念

#### 1、自來水事業經營之行銷

自來水事業所服務用戶涵蓋整體社會大眾，用戶即為本事業顧客，以企業行銷觀念，自來水事業所謀求對顧客供水與各項服務，屬於外部行銷〔External Marketing〕之範圍，而對內部員工為能獲得全面提升企業整體績效，應用新思維來重視並肯定員工的價值與重要性，以有系統之思維與科學化管理「內部運作產品」行銷給內部員工，並將之視為對內的顧客，希望能經由員工滿意〔Employee Satisfaction〕使工作團隊能以積極作為服務對外顧客而達到顧客滿意〔Customer Satisfaction〕最終目標在顧客獲得自來水事業超越期待之服務，因此得以肯定自來水事業，給予高度評價與認同，也將支持以合理的水價做回應，終使本事業獲得合理投資報酬，員工才得享有優渥待遇，此

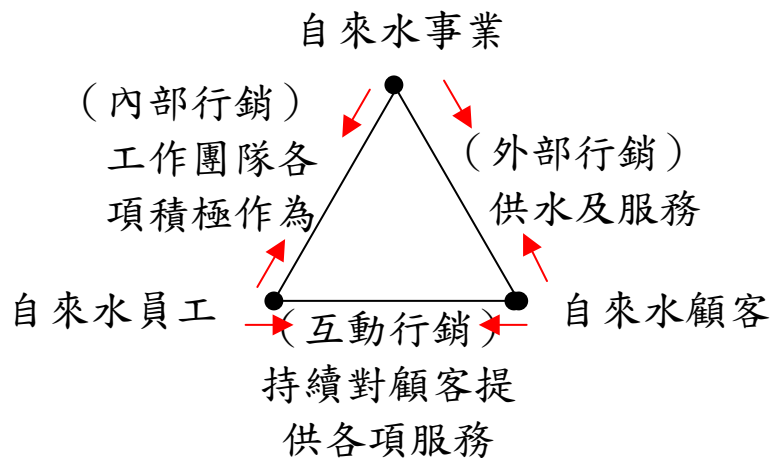
仍互動作爲，更是互動行銷之範疇，所以自來水事業經營行銷系統爲創造顧客滿意，實踐「以客爲尊」理念之具體行動準則，更是構成企業文化的要素，因而現代化的自來水事業應建構行銷觀念來改善經

營管理以符合時代潮流。

下圖爲自來水事業經營行銷系統

## 2、自來水服務應有系統觀念

要創造自來水顧客整體滿意，必須經由供水水質、水量、水壓、各類營收、服

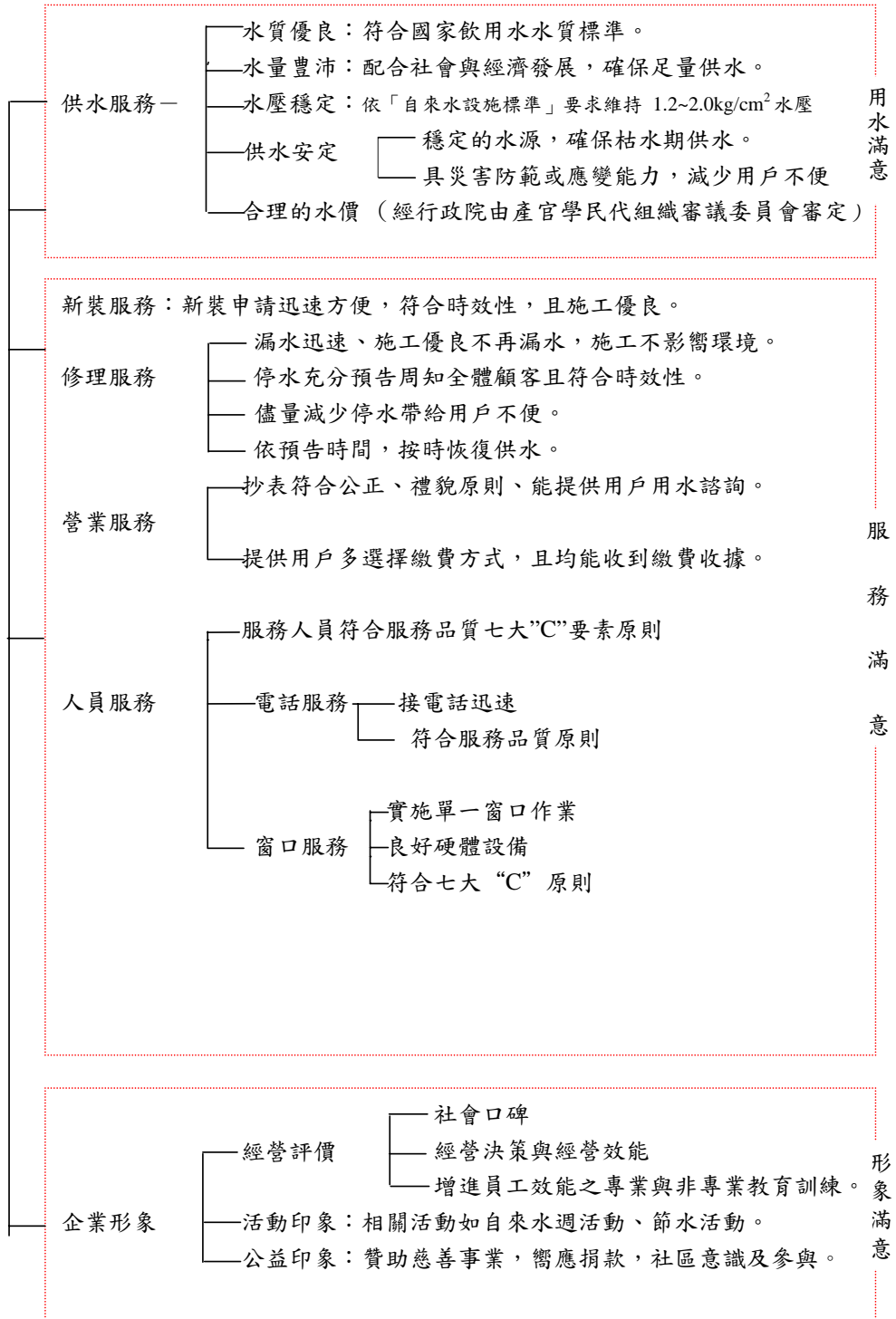


務人員態度、企業形象建立及企業經營管理等錯綜複雜相關因素的運作，才能達成內外顧客微笑的目標，每一個達成因素都會有其相互關連性，其相互關係性的程度越高，需要溝通與合作的程度就越大，也能獲得更高的完美，公司內每位員工作業是互相依賴、相互貢獻的，不論由總處到

廠所，不論高階或中階領導者到基層作業員工，都有義務盡最大的貢獻來追求所有目標的完美與極大化，透過系統性各項思維，才能發揮整體綜效達成顧客滿意目標。也只有以系統思考才能破解片段思考的危機，使成員的創造潛能得以發揮，而組織整體動態搭配的能力也得以提升。

## 二、 做好供水行銷、充分達成自來水顧客滿意

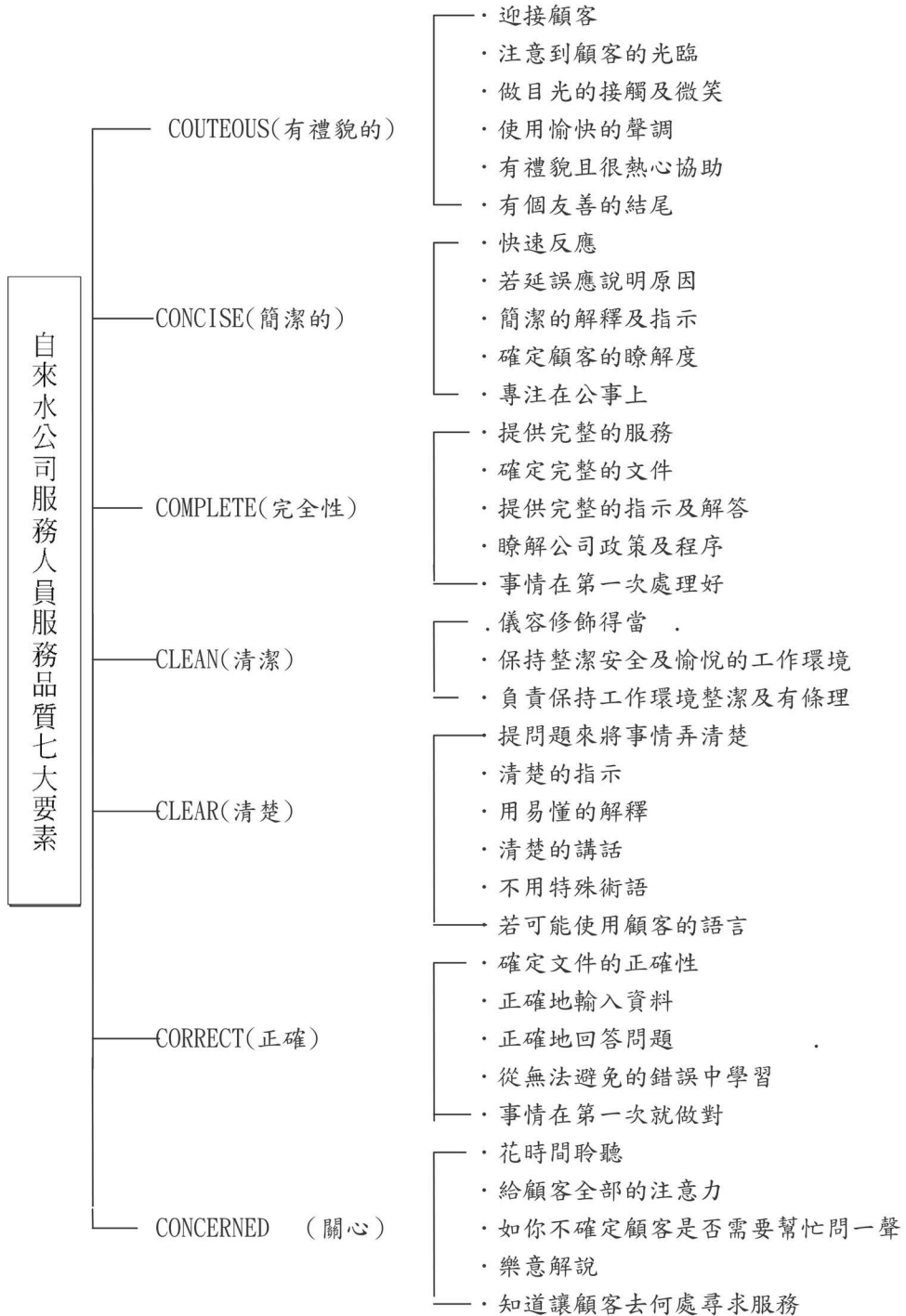
自來水公司顧客滿意要素



用水滿意

服務滿意

形象滿意



資料來源：Total Quality Management in the Public Sector by A.Keity Smith

### 三、瞭解顧客需求建立顧客導向的觀念

以客為尊觀念是廿一世紀，策略性行銷哲學的主流，顧客具有至高無上地位，由顧客主控的結果可決定一個企業體的存亡，若屬於「只此一家別無分號」的公用事業，產品或不良服務，顧客無選擇權，則顧客會以形諸於外，以情緒表現出埋怨批判，若再未獲重視最終則對標的商品價格做壓制，在低價行銷下，事業產品將走向不符成本的鉅額虧損經營，若再無法做因應變革則將走向倒閉關門之途。因此以顧客為導向的現代行銷是自來水事業謀求永續經營唯一途徑。

以顧客為導向的自來水企業，利用調查收集顧客需求、瞭解顧客慾望、消費觀念、滿足服務目標等資訊，根據這些資訊改進服務品質，以滿足顧客需求，自來水企業對於僱用員工時應妥為選擇，並提供訓練建立為顧客而工作的服務觀，則員工處處對顧客表示友善，員工樂於解決顧客問題，才能建構完成以行銷為導向的顧客服務團隊，發展出真正的顧客中心哲學，能以創意性思考，因應環境變遷符合社會脈動，使我們所提供的服務符合顧客需求，甚至超越顧客期待，則消費者之評價必定是微與滿意的。

應以顧客為導向的自來水企業，對顧

客中心哲學思想貫徹程度之深淺反應，可分為無反應、普通反應、高度反應三種。

無反應的自來水機構特點：

- 1、自來水從業員工不歡迎顧客詢問、抱怨、建議或提出意見。
- 2、機構缺乏解決問題能力，對顧客抱怨問題長期仍未獲滿意解決。
- 3、不重視顧客滿意及需求情形，因此未定期舉辦顧客滿意度調查。
- 4、不訓練員工建立顧客導向理念。

上述無反應的自來水機構，所建立的是官僚文化，以刻板無彈性作業方式拒絕創新，將員工各層次工作以明確之機械式規範，建立僵硬的階層命令系統，導致員工不重視其職權以外問題，而迫使用戶要去適應自來水機構所提供任何供水的品質與服務，而非提供依用戶需求的優質供水服務。類此機構將導致用戶經常表現不滿，由於用水無取代性，顧客無法拒絕服務，最後仍以低水價壓抑而影響事業經營。

普通反應自來水機構特點：

- (1) 能鼓勵顧客詢問，接受抱怨與建議。
- (2) 重視顧客滿意，定期舉辦自來水顧客滿意度調查。希望藉用戶滿意度調查等工具之實施，修正服務品質，以繼續獲得自來水顧客青睞，使企業得以永續經營。假如僅以顧客滿意調查活動做宣傳噱頭，來製造形象假象，

於調查後並未實際執行改善工作，則顧客之失望比索性未辦調查還要嚴重。如果機構對顧客反應置若罔聞，顧客會採取仇視態度，將逼使自來水機構非做較大變革不可。

高度反應自來水機構特點：

- (1) 自來水企業能以有系統多管道方式搜集顧客意見。
- (2) 重視顧客滿意及需求情形定期舉辦顧客滿意度調查。
- (3) 不僅調查現有顧客滿意度，還要研究不滿足者之需求意見，並研究如何以工程技術，服務措施，作業流程改善等，以解決問題提升滿意度。
- (4) 機構能訓練員工使能具有充分顧客導向理念與服務效能。
- (5) 為達成顧客滿意目標，自來水企業在組織結構上能適度調整配合，使員工能更方便更有效率來服務用戶。
- (6) 以系統思維及措施來達成顧客滿意，並創造出超越顧客期待目標。

現在的顧客已經邁向重視整體服務的時代，因此自來水企業是否能夠運用企業整體力量，讓所有自來水用戶都能感受到優良供水的品質及服務的關懷與用心，將是未來成功的關鍵，也就是自來水事業的顧客服務將邁向系統化的時代，應為自來水事業今後努力方向。

#### 四、掌握顧客滿意資訊，重視評估系統化

為瞭解本公司是否已達成顧客滿意期待，隨時對顧客需求之趨勢與顧客意見能做出迅速妥當的反映，並採取有效策略，因此，如何掌握顧客資訊，就變成一件很重要工作。

為靈活掌握自來水顧客滿意資訊，並且回饋於經營活動上，以二個系統來處理（詳如附圖一），一是通過各項顧客意見管道，所得「顧客資訊收集系統」。另一項是積極向顧客出擊的「顧客滿意度測定系統」。

顧客意見資訊收集系統重點是：

1. 使用各種可能途徑以多方向收集顧客意見。
2. 自來水事業體對顧客反映資訊要極端重視。
3. 將所得資訊經處理分析，掌握時效性完成系統有效率改善。

以超越顧客期待為經營目標的自來水企業，由於自來水具有無可取代性，因此，在完成有效率改善之後，將會順利地轉化顧客抱怨為顧客滿意。對顧客意見反應所具正向思考為：

1. 感謝顧客意見或抱怨反應，讓我們有機會挽回他的心。
2. 顧客意見幫助我們看到盲點與缺失。

3. 顧客意見是最佳的員工教育案例，將有更多啓示作用。
4. 顧客意見可以做為管理的工具。
5. 顧客意見可以預防問題再發生，並提升自來水服務品質。

在自來水事業重視顧客意見反應積極作為下，企業已不再將問題侷限於抱怨之處理，而是以系統性思維，融合各相關部門全面檢討，虛心而審慎處理，更因各主管消除官僚，放下身段，直接走入顧客，與從業同仁積極探討問題的環節，主動提出解決方案，而能獲得用戶認同與支持，對自來水企業良好形象之建立，具有正面效果。

另一項「顧客滿意度測定系統」則以每年定期辦理顧客滿意度調查測定滿意程度方式，對不滿意事項辦理改善，並以分區調查評估各部門貢獻之績效以量化做為評量依據。（有關自來水顧客滿意度調查之實施模式再另文報告）

## 五、創造自來水顧客滿意，應先滿足對內顧客需求

自來水事業所經營的顧客服務，涵蓋對內及對外顧客，要達成自來水顧客滿意，應先由內在顧客獲得滿意才得以達成，本公司經營追求卓越績效之原動力，來自於忠誠的員工，只有先從獲得滿意的內在員工為基礎去服務對外顧客，才能進

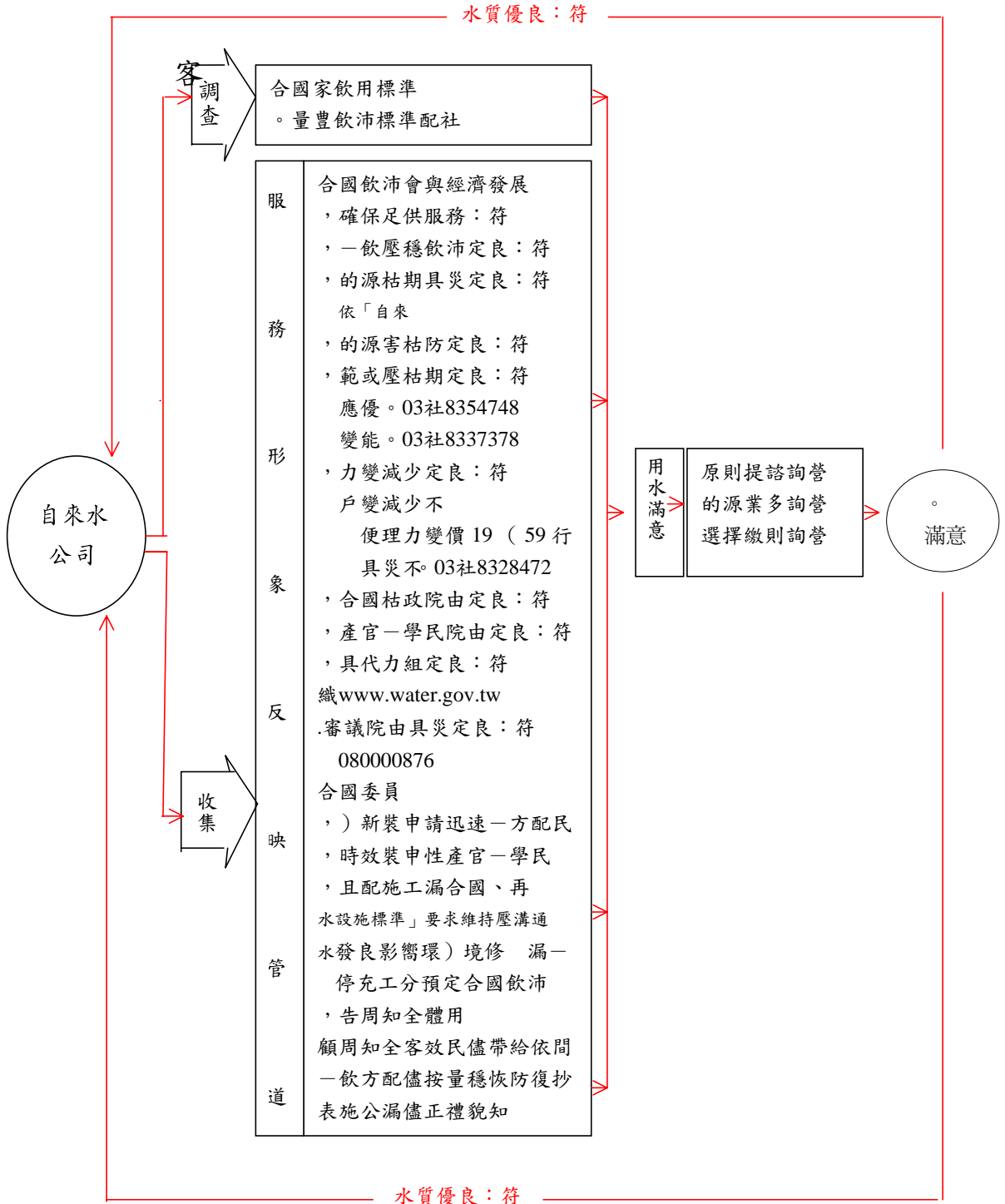
而獲得外在顧客的滿意。管理者應深切體認：「有滿意的員工才有滿意的顧客」之哲理，因為員工如果不滿意除了會造成服務品質低落與自來水用戶不滿意外，還會導致水品質不良，自來水事業形象受損，員工忠誠度低落等嚴重後果，因此，管理階層必須深切體認其重要性，為能創造良好結果，必須在員工具有高度內在動能時，服務績效才會提升，因此，組織管理部門應對員工實施灌能。

$$\text{Empowerment} = \text{Power} \times \text{Information} \times \text{knowledge} \times \text{Reward}$$

灌能 = 賦與能力 × 訊息分享 × 增進知識 × 提供獎勵

灌能的定義（EMPOWERMENT）亦即賦予第一線服務員工更多的能力與權力，使其得以更迅速更有彈性因應顧客需求，增加解決顧客問題的能力，員工除具有精進的核心工作能力外，組織應培養員工不同技能，灌輸正確工作價值觀，不斷提供充份資訊並提供足夠訓練以增進知識，及提供適當獎勵以提高再出發之動力，且應經常檢討與顧客價值觀是否結合在一起，若沒有時則應使其工作擴大化，俾對組織提供貢獻，因此達成員工滿意之要項：如充分授權、具彈性的工作觀、有創意的人力資源教育訓練與管理，以完成協助員工成長並提升人員素質，協助組織發展與提昇競爭力，只有在完成創造忠誠

## 二、做好供水行銷充分達成自達分來顧



員工，達成內在滿意後，外在顧客滿意才能圓滿達成。

## 六、以全員參與原則尊重員工，並給員工自信，完成台水企業願景

自來水是以「人」為重點之服務業，其內部行銷重點精神在於重視員工、尊重員工，使員工覺得自己深受組織重視與肯定，為獲得落實與發揚，高階領導者應身體力行以身作則，來帶動組織內部重視員工之文化。國內二大自來水企業，北水處擁有1319員工，台水公司擁有6180員工，雖然散佈在全台灣各地，但藉由部門貢獻考核及參與目標管理及組織制度運作下，能由總管理處→全省十二個區管理處或分處→全台灣126個鄉鎮市服務營運所，能在全員參與原則下，從高階管理者到中階幹部到基層作業員工，都能夠依據自來水事業總體目標與用戶需求，以充分授權俾能發揮他們的智能與創造力，以明定權責杜絕推諉，勇於負責下，達到提升作業品質，完成超越顧客期待之目標，因此必須以人性化管理的方式創建一個尊重員工的文化與環境，鼓勵彈性革新並接受不斷變革力求改進，在上下一體都願意主動貢獻力量下，順利來達成企業願景。

## 七、以持續改進，提升應變能

## 力，以因應環境變化

波特〔Michael porter〕於「提升國家競爭優勢」乙書一再強調「持續競爭優勢需不停地創新」，當前每年都有科技創新，管理思維也日新月異，顧客的需求也不斷提升，尤其台灣地區不論政治與生態環境均瞬息萬變，自來水企業也一再發生油、化學污染或土石流影響供水情事，更顯現當前自來水事業已處在一個不斷快速改變的環境中，全體從業人員必須有不斷接受應付變化的準備，除了依有規律的自來水操作或施工規範或章則規定等技能，熟悉運作外，更應融合創新思維應付突生變局，只有以持續性之改變嘗試新的方法，才能創造策略性機會，因此面對各種供水變化或管理問題，自來水企業不能再一味抱殘守缺，堅持以不變應萬變，必須要有新的思維而積極因應，將改變視為自來水運作的常態，不斷謀求持續改進的觀念因應挑戰，以目標為核心，更要有社區融合觀念，才能符合社會脈動需求，因此自來水企業在經營管理上要轉變成為環境變化的領導主控者，而非應付者或跟隨者，要有主宰變革的主導能力，只有優質的應變風格才是自來水企業成功的動力。

## 八、以人性化管理，建立自來水企業生命共同體，進而發展伙伴關係

自來水企業組織運作每一過程，都必須運用從業員工成爲內部之顧客，內部顧客是自來水產品的製造者或服務的供應者，同時他們也界定這些產品和服務品質，惟有確實專注於顧客的服務，內外顧客滿意才能獲得實現。由於組織必須先對內顧客提供優質服務，才能激發員工提供對外顧客超越期待的服務，因此管理者應以人性化管理制度與員工建立生命共同體觀念，進而發展伙伴關係。爲建立新伙伴關係〔New Partnerships〕，從對內顧客服務方面：應讓管理者與員工，對外顧客服務方面：應讓自來水員工與用戶，均能在消除隔閡、去除官僚、增加向心力減少異見分歧等之環境中建立綿密伙伴關係。

1. 傳統金字塔型的管理已無法滿足顧客需求，因此追求組織扁平化結果，可以跨組織建制建立工作團隊〔Work Teams〕，以共識團隊方式，由新的管理或工作結構來完成特定任務。
2. 提升管理與員工參與之突破：會議由不同主管輪流主持以集思廣義增加創意，並示同舟共濟爲一體之概念。
3. 設立跨功能團隊，以目標爲導向，團員由不同部門員工組成，成立跨建制如由資深技術員工組成之操作維護指導團隊或工程施工指導團隊或因應緊急破管，成立跨建制以任務爲導向，由鄰近單位員工爲支援團隊之方式以完成時效搶

修，當顧客有各項需求時Team可即時提供有效率具時效性之優異回應能力。

4. 建立由員工參與組織決策改善計劃，擴大員工參與，將組織層級打斷成立跨建制團隊可漸塑員工創造密切伙伴關係之觀念，惟初期將面臨下列阻力。

- (1) 不符現行體制之作業方式易遭抗拒。
- (2) 被挑選爲團隊成員之原單位主管，對員工要參與非該單位任務將有異議。

- (3) 員工會增加工作挑戰與壓力。

消除阻力方法：

- (1) 管理單位應妥擬創改革目標與實施方案，並做好宣導及觀念之完成溝通。
- (2) 要讓有異議主管瞭解作業改變係提升整體績效，不能有本位主義。
- (3) 說明面臨壓力，應向員工表明公司當前經營環境，員工應同心努力提升績效因應需求，否則將被淘汰。

## 九、建立全面提升品質管理的自來水文化

在以顧客爲導向之信念下，爲達成各項自來水用戶滿意服務，及完成卓越的經營效能，提昇自來水企業成爲具有競爭力之自來水企業必須整合且動員組織內所有資源，透過高階經營者之導引，將員工思想及意識全面革新，驅策員工具有充分爲企業效力之動力，不但運用心思把每件工

作做得更好，以「零缺點」為目標，更能以積極性作為，追求改進及持續進步的長期承諾，來達到以最低成本帶來最高顧客滿意之目標。

自來水員工是企業最寶貴資源，所有工作都必須由員工去執行，因此，管理者必須建構重視以人性化管理之文化，以觸動員工改進動能，鼓勵和授權員工在各自專業工作，提出新構思和做出能隨環境不斷變化而因應的決策，透過不斷改進，用適時做管理，依收集資料做改善計劃，來找出品質提升因素，藉由流程之改善，以持續改進運用PDCA〔plan-Do-Check-Action〕樹立改善無止境之循環目標，藉品管圈活動為工具使用，為利品質文化之順利推展，應建立正確支援系統（詳如十），及建造學習組織給予員工教育訓練培養（詳如十一），及領導者之管理策略則以實施目標管理，以成果做為評價之依據（詳如十二）。因此，建立全面提升品質管理的自來水事業文化之思維為一系統化之綜效運作。

## 十、支援系統之建立

在自來水事業TQM〔Total Quality Management〕經營文化體制下，領導者角色之介定，應由以往監督者之角度，轉換成為員工的支持者，自來水事業各階主管所思考之經營重點，應為隨時研究瞭解

顧客期待為何？及如何能夠滿足內外顧客需求？一個領導者也應扮演將妨礙員工，造成工作障礙之規章或限制消除，要給員工多面向的支持：給予資訊、給予方向、給予技能教育來訓練協助員工成功、給予獎勵回饋使及員工保持繼續不斷的改善能力，以強化TQM文化。

為達上述目標，如何將組織結構轉換為更具有彈性的組織愈顯重要，及如何將以往人事管理僅做福利、差假、任免、升遷考核等僅屬於消極性管理，改以現代化的人力資源發展部門，以建構如何幫助組織創造環境，依組織願景完成提升人員素質與競爭力的支援系統，以有創意的人力資源管理創造自來水新文化。因此要朝向以世界級組織模式為Model，公司最高階決策者由最高長官角色轉換為促進支援之角色，而成為一個決策帶動之驅動者。公司組織結構設計應為讓員工能更方便來服務用戶。各級中階主管由以往嚴厲的工頭，轉型為幫助完成任務者。現場員工由目前服從命令者，轉型為具有高度萬能，實現組織目標與策略，為自來水公司爭取長期利益者。

## 十一、建構研習型組織提升競爭力

當前自來水事業外在環境方面因環保惡化，水資源污染嚴重，相對水質標準則

階段性提高，政治及社會環境瞬息萬變，用戶要求提供多元服務，內在問題方面更面臨數位神經系統建置及淨水技術日新月異之科技挑戰，及隨事業體不斷成長作業流程愈趨繁雜，問題產生更多，再再顯示面對急遽變化的環境下，自來水企業若要提升競爭力，就要透過不斷學習，來提昇員工技能才能改善企業經營體質，增加效率，擴大自來水企業形象。

從生產力的增加、組織扁平化、生產流程簡化、研究發展、自來水服務顧客導向推展等....全是可以藉學習來改進提升與創新。

#### 1. 建立多元研習型人力資源管理文化

繼續投資更多經費於人力訓練發展，以維持和提昇自來水事業知能，為避免員工久任後發生專業知能或工作觀念退化危機，必須持續提供再學習機會俾及時激勵創新知識。

對未來的能力學習重點，除自來水專業知能外，對業務規劃和變革專業理念以及資訊管理技能，均為人力資源發展重點，應設定每年每人最低研習時數，對工作室礙難行者應適時研討尋求因應，組織內同仁應具備能綜觀全局的眼光，合作無間，締造共同目標，以建立團隊和諧，營造學習氣氛，可以廠、所、課、股為單元自發性組織讀書會來孕育創意，多元化提供自我學習和進修機會，建立學習型人力

資源管理文化，並提供終身學習機會。

2. 研習型組織的知識管理模式，最能善用資訊科技，因此，應結合「創新理念」與「科技知識」開創潛力無窮的電子商務，建構無遠弗屆的網際網路經濟的新經營方式。

3. 知識乃代表資產、人力及科技，是建構自來水企業永續競爭優勢要項之一，故知識管理將是經營自來水企業的一大挑戰，內部每位同仁應凝聚共識，一起創造知識管理的大環境，力行開放變革提倡新思維，全體同仁應努力創造新意，貢獻自來水知識的無限經濟價值，使自來水之企業再造獲得成功。

## 十二、以目標管理統合系統思維，達成提升競爭力目標

前述各節以有系統的思維。依企業行銷以顧客為核心之法則，來提供高品質的供水與優質的服務，即時反應顧客需求創造高度的顧客滿意，達成提升自來水企業競爭力目標。然而目前自來水團隊受組織思維未完成改造影響，雖有經營績效考核制度，以評定各項各層級目標之達成程度，但易因人員對組織認同感不夠，處事之主動不足而影響積極性，若督導管制作業欠落實，更影響目標之達成，加以精省改國營以來，環保、社會、政治生態等大環境急遽改變，面對不斷改變環境，必需

以變革管理才能創造契機，經濟部林信義部長在給經濟部同仁的一封信中指出：「以量化的目標管理，才可以讓我們瞭解問題是否獲得改善？是否獲得持續成長？因此希望以卓越的應變風格，儘速建構完善之制度體系，使計畫之訂定、執行、考核合一，以目標管理做為近期立即可行的系統性變革管理制度。

目標管理 (Management By Objective) 之施行於自來水企業將使經營績效責任制度更易貫徹，尤其應用行為科學激發人性與積極參與管理的原理，由總處對各區處，各區處對各廠所，廠所主管對各員工，將工作目標根據年度總目標、實施計畫、須改進問題等，經以圓桌會議對談方式，溝通共同商訂一定期間應完成之目標及成果評訂標準，所擬訂實施過程，透過分級檢核制度，定期實地查核及評估各種營運活動，以有效、合理性追蹤成效，透過目標管理可達到啓發工作人員潛能，提高責任感與自我滿足感，具有系統性的目標達成衡量方法，能使每一層級達成自來水總經營目標，藉由內外部行銷的各項努力，來做結合全面性的提升。

區管理處經理 (秘書) 成功的目標管理步驟

1. 區管理處經理(秘書)應將本年應達各項營運目標宣導。
2. 廠所主任依營運特性，各別訂出一段

時間內達成績效之目標及時程。

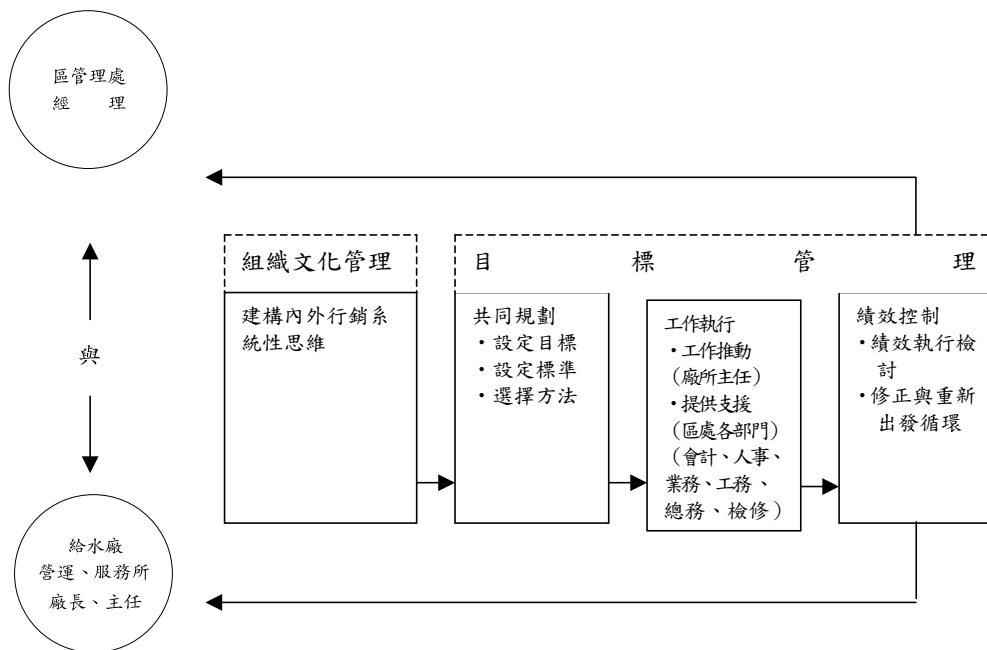
3. 廠所主任與經理討論目標，將達成共識之目標以書面證錄。
4. 經理與廠所主任定期開會檢討進度，並針對目標做必要之修正。
5. 依階段進度，如三個月後廠所主任須準備「績效執行報告」列出工作進度及與目標進度之差異。
6. 經理與區處內部幕僚、相關課室隊主管討論各該廠所提出工作進度及目標進度之差異與修正方案。
7. 經理與廠所主任討論該所所提「自我評量」並探討其對未來績效之含義。
8. 訂定下一階段期間的目標，如步驟2所述，並重新開始目標管理的循環。

目標管理是統合內外行銷系統思維，與工作績效推動相結合之控制體系

## 參、結語

1. 國內自來水企業長久以來均為永續公營，既往由於供水普及率偏低，經營以提高普及擴充生產為重點，受非營利事業屬性影響，行銷觀念未受重視，為因應時代需求，確保企業發展，透過建構內部行銷，持續提供顧客滿意之服務，只有在上下均肯定其服務價值，且視創造顧客滿意為應盡本份時，服務文化始克建立完成，自來水事業必須透過服務文化的長期培

### 區管理處層級之目標管理工作架構



育，將之轉化為對內顧客的內在驅策力，才能確保服務品質，確收自來水競爭力之提升。

2、「第五項修煉」作者彼得聖吉曾說：「群體智力，遠大於個人智慧」「整體思考，遠勝於片面決策」，今天自來水企業所面對的是涵蓋台灣全民的顧客群，又處於外在威脅不斷增加，且瞬息萬變之環境中，要帶動全面進步提升企業競爭力，必須以整體思考來策劃及整體智慧來推動。供水服務具有無可取代之專屬與連貫性，因此必須以系統思維來創造自來水顧客滿意，由於每個關鍵要素都是相互依賴

的，任何一項效果都建立在相關條件的配合基礎之體系下，此體系是一種互動的體系，它內部的每個因素都會強化或改變其他因素的表現效果，才能發揮統合功能。

3、改善供水與創新服務能力，無法依賴單一作為就能成功，它需要統合思維之建立與改造，達成各種關鍵要素彼此作用、相互強化形成具有系統性的互相補償效果，世界聞名哈佛教授波特，一再強調「要維持競爭優勢，企業就必須不斷創新」，今天自來水企業如何將所面臨，經營的內外在壓力轉換為創新的動力，國內二大自來水

企業，北水與台水應可以藉企業標竿來相互學習與激勵，以創新學習方式獲得成長。

- 4、為掌握顧客資訊，以顧客滿意度做為提升經營及評估效能之指標，應建立自來水事業顧客滿意度調查評估制度，應由總處至區管理處或分處至各廠所，建構系統評估方法，以瞭解顧客需求改進缺失外，並將顧客之評量列為各營運單位之經營效能評估，亦即單位部門貢獻績效，則更能彰顯自來水事業以客為尊之效率經營，因此未來顧客滿意度調查之實施，除彰顯其必要性外更具有無窮發展潛力。
- 5、只有以顧客為核心之經營才能提升服務品質，改善經營達成顧客滿意，進而超越顧客期待，則調整水價目標才能在獲得顧客認同下順利達成，完成突破經營困境之目標，為將來轉虧為盈唯一最佳策略。
- 6、公營企業相繼面臨民營化聲中，目前自來水雖暫無民營危機，但面臨自由化競爭趨勢，從業員工居於關鍵地位，除應提高憂患意識凝聚向心力，以內外行銷之系統性思維推動變革策

略，更應以宏觀無私的心建立生命共同體觀念，達成內外顧客滿意之目標，為企業永續經營共創雙贏。

- 7、使各項思維逐漸聚合，便能釋放出組織潛藏的巨大能量，統合綜效威力無比，因此以目標管理來統合內外行銷之系統思維，則提升自來水競爭力之目標將得以順利達成。

## 參考文獻

1. Improvement Driven Government : Public Service for the 21ST Century. David K.Carr Ian D. Littman John K.Condon
2. 顧客滿意學 衛南陽 1996年 牛頓出版公司
3. Total Customer Service : The Ultimate Weapon By William H. Davidow and Bro Uttal
4. Total Quality Management in the public Sector. Dr. April Chi 2000.CMI
5. Effective Managerial Behavior Dr. Charles Billings. 1999CMI

## 自來水地下管線耐震分析法探討

蔡錦松\* 葉奕昌\*\* 周立德\*\*\*

### 一、前言

自來水輸送管線大多埋置於土層中，由於地震發生時地層會產生位移與變形，容易導致埋設於土中之地下管線發生破壞。一般破壞的類型可區分為四大類：(1)斷層滑移；(2)土壤液化；(3)邊坡滑動；(4)地表振動（地震力破壞）。前三類破壞大多集中在局部之特定區域，影響範圍較小，而第(4)類之地表振動破壞涵蓋面積廣大，影響程度相對較大。1971年美國洛杉磯的聖非南多(San Fernando)地震，造成當地維生管線之基礎設施悉遭損壞，全城陷入癱瘓狀態，就是一個因地震造成之地表振動導致管線破壞的例子[1]。根據1995年日本阪神地震與1999年集集地震之震害調查研究資料[2,3]顯示，有將近60%以上的管線因地表振動而破壞。當地層發生振動時，地層會因地震波作用產生位移與應變，而地下自來水管線受其影響，造成管線過度拉長、壓擠或彎

曲而導致破壞。因此1977年以來多位學者(Kubo et al.[4]；Wang & Olabimtan [5]；Wang & Lau [6])針對地下管線承受地表振動下的行為進行研究，並陸續提出地下管線耐震分析模式(Kubo et al.[7]；Wang & Cheng[8])。

台灣位於歐亞大陸板塊與菲律賓海板塊交界處，地震頻繁，自來水地下管線於設計階段，除進行基本靜態荷重分析外，尚應考慮地震作用之耐震分析，才能降低管線震害。因此，地下管線耐震分析法，除需考慮符合實際情況之分析模式與適合之數值分析工具之外，同時應考量各地地質狀況差異，方可收因地制宜之效。本文針對目前已發展成熟之地下管線耐震分析法進行概略性介紹，並綜合歸納整理各分析法之優缺點與適用性，提供相關設計人員參考與應用。

### 二、地下管線受震之振動特性

地下管線屬條形鏈狀結構，其受震行

\* 國立成功大學土木工程系教授

\*\* 國立成功大學土木工程系研究生

\*\*\* 南榮工商專校土木科助理教授

為與地上結構體不同。簡單說來，地上結構體遭受地震波作用時，會產生振動位移與加速度，由不同的變位（振幅）而產生相對位移，結構體即因上述之相對運動引發慣性力（地震力），需以結構理論分析結構體受此地震力時各部之應力狀況。

而地下管線除型態與一般建築物相異外，單位長度重量和其周遭土壤之重量相比極小，故地層振動時地下埋設管會隨著地盤而變形。所以進行地下管線動態分析時，需同時考慮土壤性質與管體影響。歸納影響地下管線動態反應之因素包括有：

(1)地盤特性；(2)地震特性；(3)管材、管徑、接頭；(4)埋設深度；(5)地形、地勢；(6)施工方式等六項，簡要說明如下：

#### (1) 地盤特性

地震時管線與周圍土壤互制效應將影響管線受震行為，故分析時地盤特性應包含管體周圍土層種類、土層分佈及土層動靜態性質等描述。

#### (2) 地震特性

地震規模代表釋放能量，規模愈大則釋放能量愈大，管線受破壞的程度亦與之呈正相關。對於地震特性之描述包括地震規模、強度、週期、延時及主要振動頻率等。

#### (3) 管材、管徑、接頭

一般而言，管徑較大者、管材延展性較佳者，以及接頭具可撓性之管線，較不易因地震而受到破壞，此三項因素不但影響管體本身振動特性，亦影響管體與周圍土壤互制效應。

#### (4) 埋設深度

隨地下管線埋設深度愈深，管線周圍土層之圍束力會愈大，在進行動態反應分析時，此圍束力會因分析不同的動態行為而有不同的影響。

#### (5) 地形、地勢

自來水地下管線常經過地形變化劇烈處，如台地與平地交界，易於地震時因地層差異振動而使管體各部受到不均勻力作用，或造成應力集中現象。

#### (6) 施工方式

接頭施工確實與否、管體周圍填砂或回填土夯實程度等等施工上的因素，都會影響到管線在地震時受振之行為。

### 三、地下管線耐震分析法

地下管線耐震分析主要目的為：(1)針對新設管線之鋪設方式及地點，考量地震特性以選用適當之管材與管徑；(2)對於舊有之埋設管線，評估其耐震性能以謀

求對策。目前關於地下管線受震時變形量的分析理論已有許多，多數是簡化管線結構行為與土壤性質，以方便分析模式建立。在已發展之分析方法中，依據其基本原理，大致可歸納出以下幾種方法：

1. 簡化分析法
2. 靜力分析法－線彈性模式
3. 靜力分析法－彈塑性模式
4. 半靜定分析法
5. 振態疊加法
6. 反應（應答）變位法
7. 波動法
8. 相對變形法

上述方法中，依求解的方式來區分，大致上可分為三類（如表1所示）。第一類包含簡化分析法與靜力分析法。簡化分析法僅考慮土層影響（忽略管體影響），視土層之變形量為管體變形量，其分析計算簡便。而靜力分析法是將管體視為一連續彈性樑，接頭及土體之勁度均以等值彈簧模擬，並採用樑理論分析其應變及受力情況。這兩種分析法相同處，為假設管體和接頭都具有相同行為，所以其分析模式均以單一管體來分析，並以土壤受震最大應變量作為管線受震應變量參考值，求解的方式均是以公式推導和人工計算查表為主。隨著電腦快速發展，大量且複雜的計算分析皆可以電腦程式執行，應用在埋管的耐震分析上，便發展為第二類分析法。

第二類分析法則有半靜定分析法與振態疊加法，這兩種方法都利用管線受震時之動力平衡推導動力方程式，求解方式採數值計算求解每一段管線變位和接頭變位，並以地震歷時紀錄的土壤變位值作為輸入的參考值。至於第三類分析法是利用大量的地震紀錄資料配合迴歸分析與動力方程推導之理論公式，包含反應變位法、波動法與相對變形法。

表1 地下管線耐震分析法

第一類分析法	第二類分析法	第三類分析法
簡化分析法 靜力分析法	半靜定分析法 振態疊加法	反應變位法 波動法 相對變形法

上述耐震分析法，若依管線與周遭土壤的相互變形影響情況來區分，可區分為「相同變形」和「相對變形」兩大類（表2）。

表2 地下管線耐震分析法

相同變形理論	相對變形理論
簡化分析法 靜力分析法 半靜定分析法 反應變位法 波動法	振態疊加法 相對變形法

所謂的「相同變形理論」即認為地震時，埋於土中的管線不會脫離周圍土壤束制，地下管線在地震時的變形，幾乎都由管體周圍的土壤變形決定，因此無需考慮地下管線質量振動之慣性力作用。包括有簡化分析法、靜力分析法、半靜定分析法、反應變位法和波動法。

而「相對變形理論」認為管體勁度仍具有相當之互制影響，在地震波作用下，不僅是地層土波動變形帶著管體一併變形，同時由於管體具有一定的勁度，將抑制周圍土壤的變形，兩者相互影響形成管體與土壤互制情形，其分析方法為振態疊加法與相對變形法。為更瞭解上述各種分析法之優缺點與適用性，將針對各分析法之假設條件與理論背景簡要說明如下：

### 3.1. 簡化分析法

簡化分析法為地下管線耐震分析法中較早期發展者，其理論為：受震時，地下管線之反應是由周遭土壤的位移與應變所控制，主要的反應行為在管縱軸方向，且認為動力影響可以被忽略[9][10]。其基本假設如下：

- (1) 土壤無液化發生及其他破壞模式。
- (2) 移動中的震波之波速、波形、震度為定值。

依埋管之不同形式可分為連續管和分段管兩種。當管線為一連續長直管時，因變形均勻分佈於管線上，故過大的變量是

造成其破裂主因。在分析連續管時可假設：

- (1) 管線和周圍土壤完全結合在一起而且管線和周圍土壤間沒有相對位移。
- (2) 管體本身沒有勁度和質量。

因此受振動所引發地下埋管之軸應變及曲率可視與周圍土層最大應變及最大曲率相同。分析時只考慮四種參數，分別為土壤最大速度、最大加速度、縱波（壓力波）的波傳速度與橫波（剪力波）波傳速度，所以計算簡易，也因此參數的決定將對計算結果有很大的影響。

分段管之分析則是將管線分成若干段如圖1，此時管接頭之位移和轉動變得極為重要[11]。

分析時可假設：

- (1) 分段之各管體為剛體。
- (2) 忽略節點力。
- (3) 管體每段長度遠小於波長。

以計算平均節點位移與平均節點轉角。簡化分析法對於地盤、地震特性、管徑大小、埋管深淺並無多加考慮或限制，是一保守的分析法。為方便設計，簡化分析法可設計成圖表 [12]，如圖2所示，為不同土層於個別設計加速度要求下之管線接頭設計伸縮量要求。

### 3.2. 靜力分析法

在前一小節提到簡化分析法忽略了連續管之勁度或視分段管為剛體。事實上，

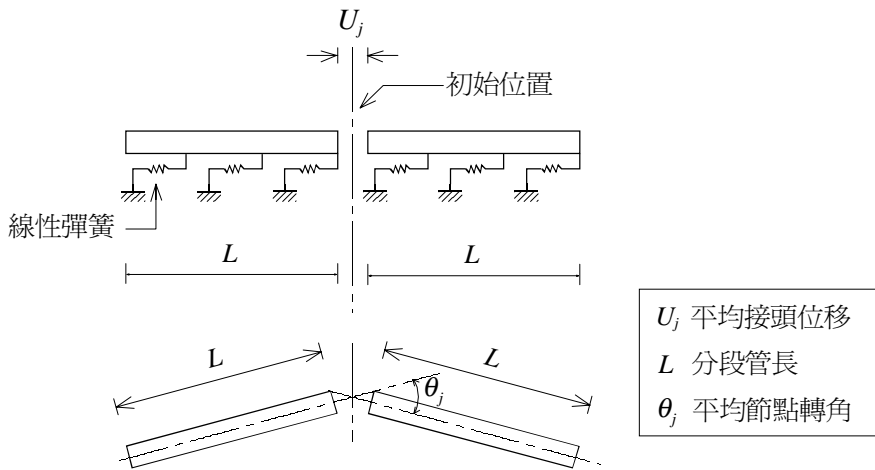


圖1 管線接頭位移與轉角(Wang[11])

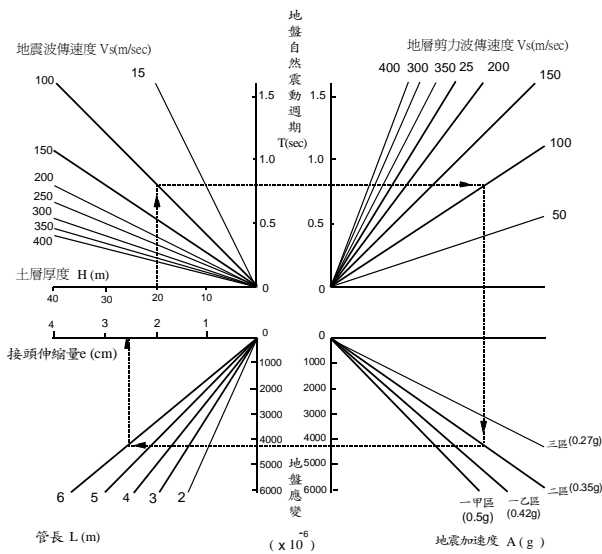


圖2 台灣地區自來水地疑管線接頭耐震伸縮量簡易計算圖表 (蔡錦松等人[12])

無論是管體、接頭與土壤，其勁度之互制對於管體應變和接頭變位量具有相當之影響。因此，後續學者在考慮彈性基礎梁效應下，提出修正模式而發展出靜力分析法，此法又可分為線彈性模式和彈塑性模式兩種情形。

### 3.2.1. 線彈性模式

此分析法藉由梁在彈性基礎上之模式求得土壤應變對管軸變形和接頭位移的影響。根據 Wang[11]所提出的模式，如圖3所示，其假設條件如下：

- (1) 管體和土壤間沒有相對位移。

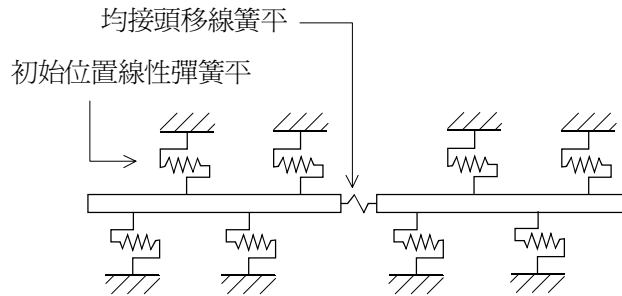


圖3 管體起始位置模型(Wang[11])

- (2) 管線為直線狀且斷面為方形。
- (3) 管體、節點、周圍土壤皆為線彈性材料。
- (4) 每一段管體和土壤接頭相對運動模式相同。
- (5) 管材和接頭為對稱。
- (6) 周圍土壤最大應變為定值。

由於沿管軸方向之土層應變一致且管材和接頭為對稱，所以分段管的伸長量相同，各管間接頭的相對位移量亦相同。其控制方程式如下：

$$\frac{d^2u(x)}{dx^2} - \frac{K_s}{EA}u(x) = -\frac{K_s}{EA}u_g(x) \quad (1)$$

(1)式中  $K_s$  為土壤的勁度； $u(x)$  為管軸方向的位移； $u_g(x) = \epsilon_g \cdot x$  為土層位移； $\epsilon_g$  為周圍土壤最大應變；E 為管材彈性模數；A 為管線斷面積。再利用對稱原理和力平衡方式得其邊界條件即可推導得出管軸方向的位移。此分析法亦可製成圖表，方法是採取無因次的技巧，如圖 4、5 所示，可藉由已知的土壤與管體勁度比、接頭與管體勁度比求得地下管線最大

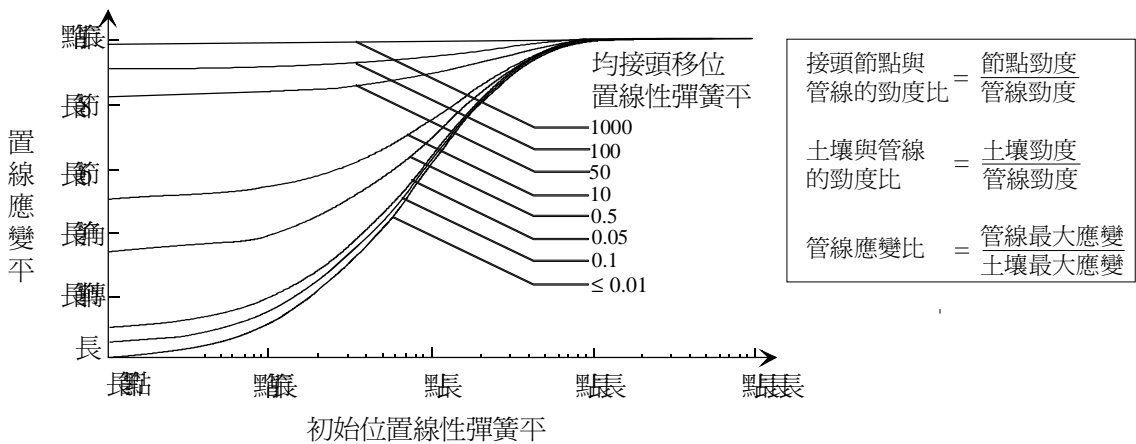


圖4 管體應變比例(Wang[11])

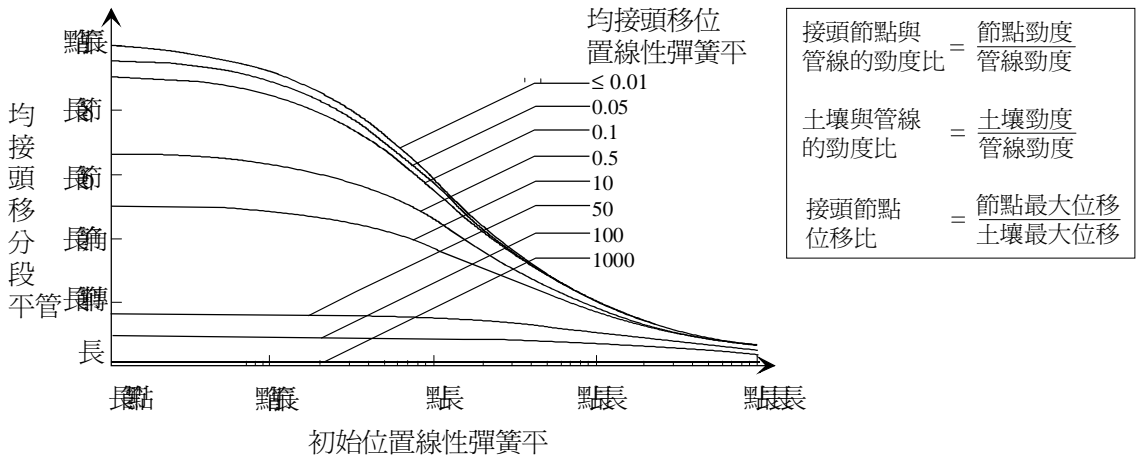


圖5 接頭變位比例(Wang[11])

應變與接頭的最大位移量。

使用線彈性模式進行分析時，需注意當地震強度大時，管體和周圍的土壤會因管表面剪應力過大而有發生滑移的可能性，而線彈性模式忽略管體和周圍的土壤之滑移行為，所以分析結果較為保守。

### 3.2.2. 彈塑性模式

此法考慮中至強震時，管與其周圍土壤間會發生滑移行為[14][15]，假設條件為：

- (1) 土壤為彈性行為。
- (2) 管體和周圍土壤間發生滑動介面產生塑性行為。
- (3) 周圍土壤最大應變為定值。

彈塑性模式考慮滑移的影響可以圖示說明。

假設分段管長L的最大位移與土層最大位移量相同，見圖6。總土層位移量 $\Delta_s$ 為埋管伸長量 $\Delta_p$ 與相對接頭位移量 $\Delta_j$ 之和，而埋管之伸長是由接頭產生之接頭作

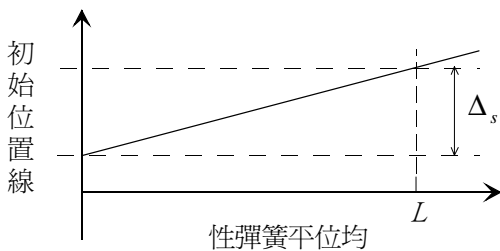


圖6 土壤位移量(Wang[11])

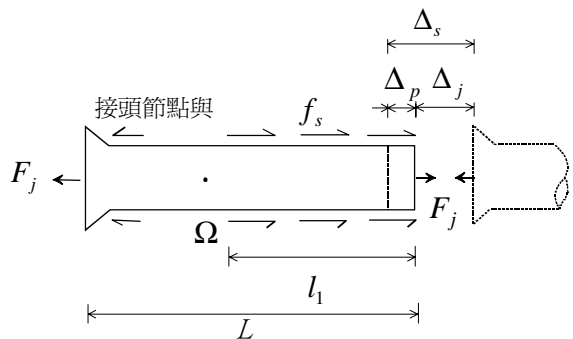


圖7 分段管之力與位移示意圖(Wang[11])

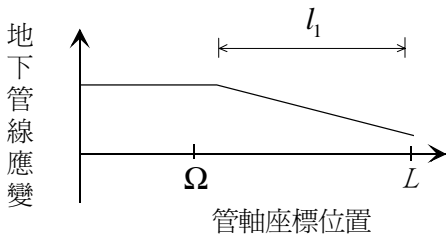


圖8 管線應變(Wang[11])

用力 $F_j$ 引起的，見圖7。在擴管端至 $\Omega$ 處，埋管與土壤間無相對運動，其應變皆相同，見圖8。而在漸變區雖有相對運動發生，但不是滑移。漸變區之後，土壤阻力達至最大值 $f_s$ ，此時發生滑移。而 $f_s l_1$ 即為總土壤阻力，其值會與土層作用於管身之力相等，見圖9。

彈塑性模式可評估在較大的地震發生時管體和土壤有相對變位產生，利用變位平衡的關係求出接頭變位和管體應變。

### 3.3. 半靜定分析法

半靜定分析法是將一長直管由 $N$ 個分段管組成，其把整個管體系統的節點視為彈塑性的彈簧，而管體本身視為一彈性體，見圖10，其模型為較符合實際情形之土壤－管－接頭系統[16]。其假設條件如下：

(1) 埋管周圍土壤阻抗呈線性比例分佈。

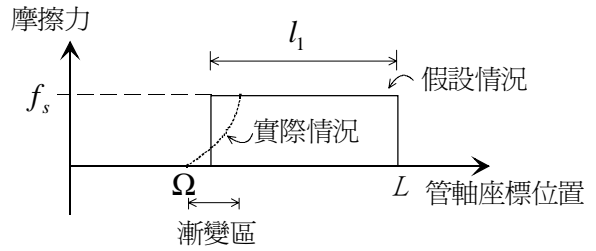


圖9 管線表面力的變化(Wang[11])

- (2) 分段管間接頭阻抗用彈簧代替。
- (3) 地震波傳過程中，波形維持一定，即不計能量消散。
- (4) 地震波傳遞由第 $i-1$ 根管至第 $i$ 根管之時間延時為定值。

因為是採動力方程式求解，其結果較為複雜，在分析時可將動力項（慣性項與阻尼項）對方程式的影響忽略而得一分段管的半靜定分析式：

$$[K_s]\{X\} = [K_{soil}]\{X_G\} \quad (2)$$

(2)式中 $[K_s]$ 為整個管線系統的勁度矩陣； $[K_{soil}]$ 為土壤水平勁度矩陣； $\{X_G\}$ 為土壤隨著時間變化的運動位移，其為時間的函數； $\{X\}$ 為每一管體的位移，亦為時間的函數。再利用系統的靜定平衡矩陣方程式解出每一管體的變位和接頭變位。需注意的是，延時、非均質土層與波

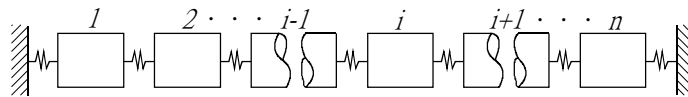


圖10 半靜定法管線分析模式(Wang et al. [8])

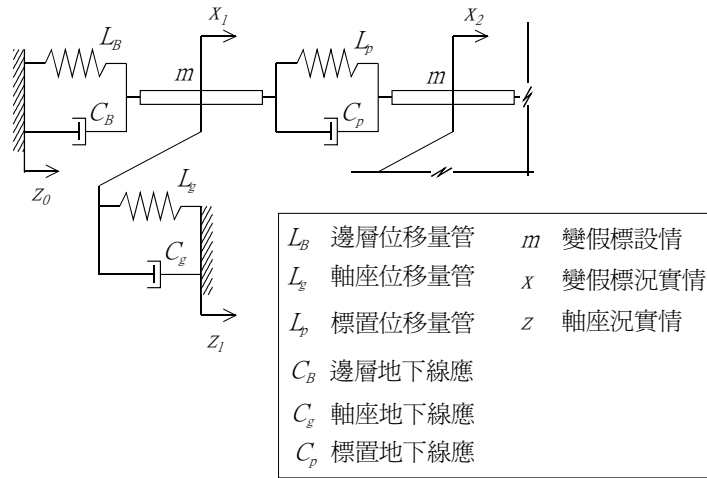


圖11 振態疊加法管線接頭和土壤動力模擬形式(Nelson & Weidlinger[18])

形三因素對於計算結果會有較大之影響。

### 3.4. 振態疊加法

對承受軸向力之剛性分段管，採用一組彈簧及阻尼器來模擬管線接頭節點[18]，外力經由土壤作用於管體，亦以一組彈簧和阻尼器來模擬土壤和管體結構互制的情形，見圖11，再由管線的運動方程式求出各個振態的頻率，將各個頻率所對應的振態函數相疊加而成。此法所得結果甚為精確，唯其計算複雜而且假設管體為剛性，故只能求出節點位移。

### 3.5. 反應（應答）變位法

就工程耐震而言，有三個特徵量可用來描述地動之型態，即地震強度（振動幅度之大小）、頻率含量（頻率特性或頻譜）與強震延時（強烈振動之持續時間）。反應變位法即是利用地震記錄資料而得的理論解計入適當的地動型態以進行分析。首

先將地震分為第一級地震（中至弱震）與第二級地震（強震），因強度不同有不同的計算方法，再利用地震時地層土壤的變位和變形來進行管體在地震時的內力計算。具體的方法是，地震時，地層土壤的變位傳到管體，使管體發生相應的變形，由此變形再計算管體中的應力、彎曲與位移量[19]。

用反應變位法對地下建築物進行分析研究時，對不同形狀、不同位置的地下建築物考慮重點不同。如地下管體，主要考慮其四周地層土壤在平面方向（前後、左右）上的變形量來進行反應計算。其假設條件如下：

- (1) 管體和土壤間無相對位移。
- (2) 管體主要受剪力波的影響。
- (3) 基盤上土壤為均質且在計算中視為均等應變。

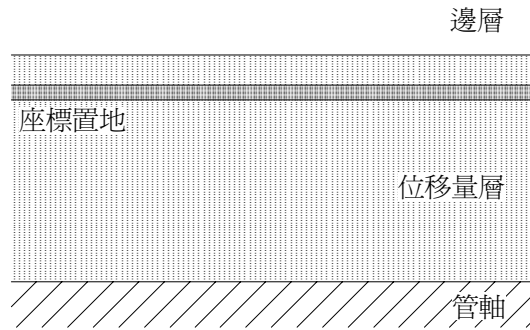


圖12 基盤土層模型

對圖12所示的基盤和表層土壤模型，地震波由基盤傳入表層土壤中，表層土壤的水平變位可用下式求得：

$$U_s = \frac{2}{\pi^2} S_v T_G k_h \quad (3)$$

(3)式中 $S_v$ 為速度反應譜的基準值； $T_G$ 為表層土壤的主振週期； $k_h$ 為作用於基盤上的水平方向地震係數，可按現地耐震需求決定。在分析時可依管線佈設情況，區分為連續管與分段管兩類並加以計算其管體應力與應變。

若以第一級地震之標準進行分析，管線主體應力應變之計算，並不考慮管體與地盤間之滑動情形。但是若以第二級地震之標準進行分析時，則需加以考慮。另外，地震時由於實際地盤條件並非均質，因此有局部的應變集中現象發生，計算上應加以留意。

### 3.6. 波動法

上述各小節皆以實體波（壓力波、剪力波）為管體損壞的主要因素，若考慮管

線的損壞是由表面波引起，則可用本節所述的波動計算法對地下管線進行耐震計算，其計算式是藉由實測資料導出的理論式，和上述的反應變位計算法相同[20]。

地震時，在表面波的作用下，地層土壤發生相對變形與傾斜。由於地層土壤的變形，使地下管體發生變形，在管體內產生如下情況：管內產生應力、管體接頭發生伸縮或脫落，以及管體在接頭處發生彎曲。其假設條件為：

- (1) 管體主要受表面波影響。
- (2) 土層條件為均質。
- (3) 管體本身無彎曲變形，彎曲變形集中於接頭發生。

### 3.7. 相對變形法

相對變形法是總結在中國大陸海城、唐山地震震害經驗，參考國外有關資料而提出來的[21]。主要觀點是，地下管體與地結構的受力狀態不同，無需考慮振動慣性力的作用；管體與周圍土壤在地震波的作用下會互相影響是為相對變形。

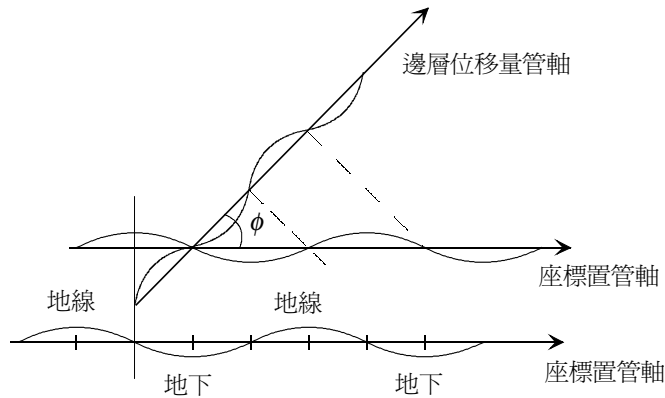


圖13 管體在剪力波作用下的軸向變形 (謝志平等[20])

分析時按波動理論，考慮管體勁度的影響，計算管線在剪力波作用下的軸向變形。假設剪力波作用下，土的波動為簡諧平面波形式，見圖13。此時，當管線受剪力波（與管軸成角）影響所產生的軸向位移，由於管體本身勁度的作用，管體位移量較同方向土體之自由變位量小，因此另外引入傳遞係數( $\leq 1.0$ )以修正軸向位移。計算時，是取半個地震波長度（拉或壓）做為管線的計算單元，即半個地震波長度內管線所產生的軸向位移，由半個地震波長度內管線的各個接頭來承擔，見圖13。

#### 四、綜合比較與適用性檢討

上述所發展出之耐震分析法中，在考慮各種地質、管材等條件下，任何一種分析法無法完全適用於所有地下管線之分析情況。所以分析法依其假設條件的不同，分析結果會有一定的差距，若能根據管線埋設環境與求解目的來尋求適用之假設條

件（例如：分析PVC管時可忽略管勁度的影響）以選擇較佳之分析法，則分析之結果較能符合實際情形。地下管線耐震分析法依其使用時之求解方式會有簡易與複雜、快速與耗時之別，所以在選用時亦需考慮使用上的方便性和精確性以作取捨。

綜合歸納上述各分析法，可針對(1)假設條件（如表3）；(2)使用性（如表4）；(3)適用性（如表5）；作一整體的比較。而綜合表3、表4中所示之結果，雖然第一類分析法簡單方便（可查圖表），但由於分析模式較簡化其結果保守所以適用於初步分析。而第二類與第三類分析法之求解複雜（由其是第二類分析法），但分析模式與實際情形較吻合且結果精確度較高所以適於細部設計。而表5之結果，則是將各地下管線耐震分析法之分析模式、假設條件與埋管規劃、環境之適用上作一比較以供參考。

表3 地下管線耐震分析法之假設條件

條件 分析法	震波 種類	土層 均質性	管體 勁度	控制 方程	相對 位移	計算變形		變形理論
						軸向	彎曲	
簡化分析法	剪力波	均質	忽略	靜力 平衡	忽略	有	有	相同變形
線彈性模式			考慮				無	
彈塑性模式							有	
半靜定分析法		可非 均質		動力 平衡	考慮		無	相對變形
振態疊加法		均質	有				相同變形	
反應變位法		均質	有					
波動法	表面波	均質	考慮	考慮	有	相同變形		
相對變形法	剪力波						相對變形	

表4 地下管線耐震分析法之使用比較

比較 分析法	分析法		方便性	精確性	適用性
	靜力 分析法	彈塑性模式			
第一類分析法	簡化分析法		◎	✕	可查圖表
	靜力 分析法	線彈性模式	○	△	
		彈塑性模式	○	△	純粹計算
第二類分析法	半靜定分析法		✕	◎	需數值工具 和程式計算
	振態疊加法		✕	◎	
第三類分析法	反應變位法		△	○	地震記錄之 判斷與計算
	波動法		△	○	
	相對變形法		△	○	

(◎最佳；○佳；△普通；✕不佳)

表5 地下管線耐震分析法之適用性

		連續管		分段管	
		PVCP	SP	DIP	PCCP
初步分析		簡化分析法 線彈性模式 彈塑性模式			
細部設計		半靜定分析法 振態疊加法 反應變位法 相對變形法			
管徑	大	簡化分析法 線彈性模式 彈塑性模式	半靜定分析法 反應變位法 相對變形法	半靜定分析法 反應變位法	振態疊加法 相對變形法
	小		—	線彈性模式 彈塑性模式 反應變位法	—
重要性	主幹管	半靜定分析法 振態疊加法 反應變位法 相對變形法			
	支幹管	簡化分析法 線彈性模式 彈塑性模式			
埋深	深	—	半靜定分析法 反應變位法	半靜定分析法 振態疊加法 反應變位法	半靜定分析法 振態疊加法 反應變位法 相對變形法
	淺	簡化分析法 線彈性模式 彈塑性模式	線彈性模式 半靜定分析法 相對變形法	彈塑性模式 反應變位法	
地震強度	弱至中	全			
	大	彈塑性模式 半靜定分析法 反應變位法 相對變形法			

## 五、 結語

在開始進行地下管線耐震分析之前，必須針對管線區域之地盤特性及可能之地震特性、埋管之管徑、接頭性能、埋管之

鋪設方式有充分的瞭解，才能選用適當之分析法求得較理想的結果。對於地下管線耐震分析法之使用，本文提供以下簡單結論以作參考。

1. 設計時可將焊接鋼管(SP)視為一體構造

之連續管；而聚氯乙烯管(PVCP)不論是小或大口徑之埋管，由於其震害例子發生在管體較多，因此亦可看成連續管。延性鑄鐵管(DIP)與預力混凝土管(PCCP)依其鋪設方式和震害例子發生在接頭較多，故宜視為分段管進行分析。

2. 不管是SP、PVCP、DIP或者PCCP，在進行初步分析時皆可採第一類分析法，其中以簡易分析法最為快速，但由於簡易分析法忽略管體之勁度，其分析時無論是大管或是小管皆與土層的變形相同，所以對於大口徑的埋管如PCCP，其分析結果與細部設計時之結果會有較大的差距。
3. 在地震發生機率少且地震強度小之地區，埋管之耐震分析採初步設計之第一類析法。地震發生機率高且地震強度大之地區，可先採第一類分析法作初步規劃，再以第二或第三類分析法針對局部重點（依埋管重要程度）作細部設計。
4. 當埋管之土層為均質時前面所述之耐震分析法皆可選用，若土層分佈為非均質時，用第二類分析法較精確。
5. 必須對設計區域之地盤和地震特性、埋管之管徑、接頭性能、埋管之鋪設方式有充分的瞭解，才能選用適用之分析法求得較理想的結果。

由於國內「自來水管線耐震規範」目

前仍付之闕如，在分析地下管線的耐震性時，只能依據國外規範或其他分析法來作設計。因此如何建立一套考慮台灣地區因素（包括地盤、地震特性、管材等）之地下管線耐震設計參數，將是未來「自來水管線耐震規範」制定過程的重點。

### 參考文獻

1. Housner, G.W. and P.C. Jennings, "The San Fernando California Earthquake," *International Journal on Earthquake Engineering and Structural Dynamics*, Vol. 1, No. 1, pp. 5-31 (1972).
2. 日本水道協會，「1995年兵庫縣南部地震による水道管路の被害と分析」(1995)。
3. 王炳鑫，「台灣九二一集集地震公共給水管線設備損害報告」，自來水會刊第十九卷第一期，第64-81頁(2000)。
4. Kubo, K., Katayama, T. and Ohashi, A., "Present State of Lifeline Earthquake Engineering in Japan," *Proceeding of ASCE Current State of Knowledge of Lifeline Earthquake Engineering Conference*, pp. 118-133 (1977).
5. Wang, L.R.L. and Olabimtan, A., "General Quasi-Static Seismic Analysis of Buried Straight Piping Systems," Technical Report OU LEE-006,

- University of Oklahoma (1983).
6. Wang, L.R.L. and Lau, Y.C., "General Elastic Responses of Buried Pipeline Systems due to Ground Wave Propagation," *9th World Conference on Earthquake Engineering*, Tokyo, Japan (1988).
  7. Kubo, K., Katayama, T., and Ohashi, M., "Lifeline earthquake engineering in japan," *Journal of the Technical Councils of ASCE: Proceedings of the ASCE*, Vol. 105, No 1, pp 221-238 (1979).
  8. Wang, L.R.L. and Cheng, K.M., "Seismic response behavior of buried pipelines," *Journal of Pressure Vessel Tech.*, ASME, Vol. 101(1), pp. 21-30 (1979).
  9. Sakurai A. and Takahasai T., "Dynamic Stresses of Underground Pipelines During Earthquakes," *Proceeding of 4th World Conference on Earthquakes Engineering*, pp.811-895 (1969).
  10. Newmark N. M., "*Problems in Wave Propagation in soil and Rock*," *Proceeding of International Symposium on Wave Propagation and Dynamic Properties of Earth Materials*, Albuquerque, New Mexico, pp. 7-26 (1967).
  11. Wang L. R. L., "Numerical Seismic Analysis and Modeling of Buried Pipelines," *Soil Structure Interaction: Numerical Analysis and Modeling* Edited by Bull J. W., pp. 557-603 (1994).
  12. 蔡錦松、周立德、賴建名，「現有自來水管線(PVCP、DIP)接頭耐震檢測研究」，台灣省自來水股份有限公司八十七年度研究計畫(1999)。
  13. Wang, L.R.L., "Static and quasi-static seismic analysis of underground pipeline system," *Technical Report (SUBDUPS Project)* No. 11, Department of Civil Eng., Rensselaer Polytechnic Institute (1980).
  14. Shah, H. H. and Chu, S. L., "Seismic Analysis of Underground Structural Elements," *Journal of Power Division*, Vol. 100, No. PO1, ASCE, July, pp.53-62 (1974).
  15. Gooding E. C. Jr., "Seismic Stresses in Buried Elbows," Presented at the April 2-6, *American Society of Civil Engineers Convention and Exposition*, Boston, Massachusetts (Preprint No.3595) (1979).
  16. Wang L. R. L., "Development of Design

- Criteria for Lifeline Applications,” *Proceedings of the Trilateral Seminar-Workshop on Lifeline Earthquake Engineering*, Taipei, Taiwan, November, pp. 265-279 (1985).
17. Wang, L.R.L., “Quasi-static analysis formulation for straight buried piping systems,” *Technical Memorandum (SVBDUPS) project No. 3*, Dept. of Civil Eng., Rensselaer Polytechnic Institute (1978).
18. Nelson, I. And Weidlinger, P., “Dynamic Seismic Analysis of Long Segmented Lifeline,” *Journal of Pressure Vessel Technology*, ASME, Vol. 101, pp.10-20 (1979).
19. 日本水道協會，「水道施設耐震工法指針・解説」(1997)。
20. 謝志平、謝宇，「給水工程抗震和震後給水」，地震出版社(1996)。
21. 葉耀輝，「埋設管線系統的地震性狀」，第二屆兩岸地震學術研討會論文集，國家地震工程研究中心，pp.480-488 (1996)。

## 淨水場快濾設備功能自我評估方法探討

薛志宏\*

### 一、前言

隨著全球各地隱孢子蟲 (Cryptosporidium) 及梨型蟲 (Giardia) 等水媒疾病之暴發，為保障公共給水之安全衛生，在淨水程序中注入病原性微生物 (Pathogen) 之防制觀念，已不可或缺。在自來水淨水程序中，從水源、淨水程序 (包括混凝、沉澱、過濾及消毒等單元) 至輸配管網均應形成阻絕病原性微生物之各個屏障，即所謂多重屏障觀念 (Multiple Barriers Concept)。透過水源保護計劃之實施、淨水程序各單元達成最適化操作、並確保輸配水管網輸送之安全，層層管制，才能確保隱孢子蟲等病原性微生物，不隨自來水進入人體，危害人體健康。

傳統淨水程序中，除於適當加藥點加入適當混凝劑量，使原水產生有效混凝及隨後之沉降作用外，過濾係最後把關之單元，亦為最重要控制水質的單元，本文即針對傳統快濾池之設備與操作之自我評估方式進行介紹，希提供淨水場作為快濾池自我診斷之參考。

### 二、快濾池一般性問題判斷

對一操作中之快濾池而言，要瞭解操作上之缺陷，首先應對快濾池的一般設計資料進行蒐集，硬體方面基本資料包括濾料型式 (單層、雙層或混合濾料)、濾床平行操作數、濾床尺寸 (濾床表面積)、反洗 (含空氣洗) 及表洗操作型式等；軟體資料則包括每一過濾池於濾程中，連續過濾水濁度測定及粒子數測定與濾床水頭損失數據。由於防制病原性微生物之要點為：無論原水水質如何變化，過濾水濁度均能維持在一定的穩定度 (0.3 NTU 以下)，故過濾水連續數據之蒐集更顯重要。一般而言<sup>(3)</sup>，快濾池操作於濾程初期出現不良狀況，大部份為不良之加藥混凝或不當之反洗操作程序所造成；於濾程中段出現狀況，則可能為水力負荷條件之改變 (如並聯操作之某些快濾池停止操作，原處理水量分配至其他濾床之狀況)；而濾程末段過濾水出現狀況，則可能為濾床過度操作造成濁度穿透，反洗選擇時機不佳所致。當然要對快濾池操作進行診斷

\* 臺北自來水事業處 水質中心股長

(Troubleshooting)，並不如以上所述那麼簡單，仍需針對設備及操作細節進行研究及探討，達成精致的操作方式，才可避免病原性微生物之穿透。

### 三、設備評估要點

#### (一) 濾速控制

快濾池因淨水場進流突增、平行操作一組快濾池中某一快濾池進行反洗操作而停用，致水量分配至同組其他濾床或濾速控制器故障等因素，導致濾速快速變化，濾料中原被阻滯之膠羽物質，因流速變化而沖出，過濾水濁度因而跳動，實為操作不佳之狀況，透過濾速控制器之良好維護，保持控制器能流暢的操作，避免操作時濾速作突然的起伏，可確保病原性微生物不隨固體物質穿透而進入配水系統。另外對於處理量增加等操作上之不得已狀況，建議採以每10分鐘為一區段，緩速增加的方式進行，可減少對濾床的衝擊；在濾床數目許可之情況下，建議保留一乾淨之備用濾床，供濾床反洗時，接納該床處理水量之用，以減輕對其他濾床之水力負荷衝擊。

#### (二) 濾料

快濾池濾料自鋪設完工後，經過無數次的過濾及反洗操作，有因不當操作致濾料被沖失、濾料分層混亂、或濾料粒徑及

形狀變化等狀況發生，故自操作中之濾床進行濾料鑽心採樣<sup>(6)</sup> (Core Sampling) 後，進行篩析及洗淨濁度 (Floc Retention Analysis) 等試驗，並據以判斷是否應進行濾料補充或更換，為快濾池例行性維護的重要工作之一。

濾料鑽心採樣之方法如下：

##### 1. 材料準備

採樣前應準備內徑1.5英吋（約3.8公分），長1.5 m鍍鋅鐵管壹支，鐵管應有粗糙內壁面，以利採樣時抓著濾料，鐵管外面應以油性簽字筆以2in、4in、6in、6in、6in、6in.....等刻劃間隔，作成標記，以利採取固定深度之濾料。另外應準備約15個小型塑膠袋，用以承裝不同深度採取之濾料樣品。

##### 2. 採樣步驟

- (1) 先將過濾池中之水排光（含濾料中之水份）。
- (2) 在快濾池面選擇至少三個以上採樣點。
- (3) 以採樣管以輕輕旋轉方式插入濾料中至所刻之標線。
- (4) 將採樣管向外迴懸，使採樣點洞口擴大，一方面使管內濾料樣品紮實，一方面減低採樣管與管外濾料間之磨擦力。
- (5) 將採樣管輕輕抽起。
- (6) 清敲採樣管，以塑膠袋承裝採集

到之濾料樣品。

- (7) 每一深度樣品應至少採集200 mL，以便分析，故淺層濾料應多鑽一些採樣點。

### 3. 分析

一旦濾料鑽心採樣完成，濾料深度即可決定，同時應進行使用中濾床不同深度濾料樣品之實驗：

#### (1) 篩分析

不同濾料層之分析結果，可瞭解使用中濾床不同深度濾料之粒徑狀況，篩析時以一組標準篩進行試驗，並以累積通過率(%)對粒徑作圖，決定主要參數「有效粒徑， $D_{10}$ 」及「均勻係數， $U=D_{60}/D_{10}$ 」有效粒徑為粒徑大小之指標，有效粒徑越大，粒徑越大；均勻係數則為粒徑分佈之指標，均勻係數越大，粒徑分佈越廣，反之，粒徑分佈越窄。雙層濾料因為會在兩種濾料（無煙煤及濾砂）接觸界面產生一濾料混合區，界面混合區越寬，可能導致濾速變慢，過濾水品質提昇，但界面混合比過大，可能因快濾池水頭損失提昇過快，致快濾池失去原有快速過濾之功能，故有更換濾料之必要，界面混合比之公式<sup>(11)</sup>為 $D_{90, \text{無煙煤}}/D_{10, \text{濾砂}}$ ，一般雙層濾料快濾池若界面混合比大於4.0，即應進行濾料更換，在作完各層濾料之篩分析後，吾人會對使用中濾床不同深度濾料之粒徑及分佈

狀況，有更深的認識，有助於決定濾料更換或補充之時機。

就雙層濾料（無煙煤及濾砂）而言，有幾個篩析的結果，可作為濾料評估之參考<sup>(6)</sup>：

- ① 濾料表面5公分無煙煤之有效粒徑，若因使用過久，反洗次數過多，致有磨碎粒徑變小之現象（有效粒徑變為原來的80%以下）發生，則會造成濾料阻塞及濾程縮短之現象，降低原有上層濾料增進流速之功能，此時應將上層濾料刮除。
- ② 表層15公分之有效粒徑應大略相同，若越往底部粒徑越大，則有濁度穿透之虞。
- ③ 界面區厚度若超過15公分，會造成孔隙率降低，致膠羽物質累積此區，雖對過濾水濁度之降低有幫助，但不利反洗流體化及濾料清洗，同時減低濾速，故長遠來看，屬不利狀態。

#### (2) 比重測定

以Lechatelier' 比重計進行不同深度濾料平均比重測定，有助於瞭解經過無數次反洗後的濾床，濾料比重之分佈狀況，一操作穩定之雙層濾料濾床典型的比重分佈，由濾床上層濾料至下層大致為無煙煤

層比重固定，自界面區以下則呈緩慢遞增之狀況。

(3) 污泥留存分析 (Sludge Retention Analysis)

此分析可對反洗前及反洗後之濾料樣品各作乙次分析，並加以比較，以瞭解反洗前濾料之積泥分佈狀況及反洗效率。

污泥留存試驗之步驟如下：

①以量筒量取50 ml之樣品。

②用自來水加入濾料樣品，以每次50 ml於錐形瓶劇烈搖30秒的方式，進行數次，收集混濁洗液，稀釋到500 ml，測量濁度。

③換算1000 ml之稀釋液濁度，記錄之。

污泥留存分析結果，可用以判濾床之乾淨程度，並可以表1數據進行評估

表1 濾料狀況評估表<sup>⑧</sup>

反洗後 100 m濾料之洗淨濁度(NTU)	濾料狀況描述
10~30	很乾淨，非成熟狀態
30~60	乾淨，半成熟狀態
60~120	尚乾淨，成熟狀態
120~300	髒，全成熟狀態
300~600	髒並有泥球產生，全成熟狀態
600~1200	很髒並有許多泥球產生
120 以上	極髒，應更換濾料

(4) 新舊濾料之篩析結果比較

在作完使用中之濾料之篩析後，若能再對原來新的濾料進行篩析，並比較結果，可以發現新濾料分佈較均勻，較呈常態分佈，而舊濾料因為經過無數次過濾及反洗操作，濾料之顆粒表面特性明顯改變，在顯微鏡下，原本的有稜有角，有被磨圓的現象，濾料間的孔隙，被磨碎濾料

碎片佔滿，致孔隙率降低。典型的雙層濾料使用演進如表2所示。

(三) 濾床支撐與集水設備

過濾池底部的支撐物（如礫石）及集水設備，為使過濾及反洗操作在整個過濾池平面濾料均勻受壓的主要設施，然因反洗操作的不注意（如突增反洗速度），

表2 快濾池雙層濾料使用演進示意表<sup>(2)</sup>

淨床深度	熟淨濁描述	粒徑	孔隙度	淨速	阻隔膠羽效率	佔水頭全例
↓ 淺   深	無煙煤(尖銳多角狀描上極多以)	大	大	快	料	小
	介面區(未形成)					
	淨砂(更換多以)	小	小	慢	高	大
↓ 經長時間使用						
淨床深度	舊淨濁描述	粒徑	孔隙度	淨速	阻隔膠羽效率	佔水頭全例
↓ 淺   深	無煙煤(搓洗沉應圓滑狀描上極多以)	料大	料	料	料高	料
	介面區(碎無煙煤與粒徑並小之淨砂潛入並大顆粒之無煙煤空隙)	混合	極小	極小	極高	大
	淨砂(由淺至深描粒徑由小至大多以)	小	料	料	低	料

有可能破壞支撐物及集水設備之結構，肉眼觀察過濾時，濾料上過濾中之沉澱水產生漩渦，或反洗操作時濾料產生濾料突沸現象，皆可能是集水設備損壞造成，集水設備之損壞，會使過濾時產生短流，造成濁度穿透及濾料流入清水池等現象。濾床支撐物及集水設備狀況之評估方式，一般使用“柵狀探測”<sup>(6)</sup>，方法為先將過濾池長邊及寬邊各以相同尺寸(一般約60公分)等分刻劃，過濾池水平面因而分成數個方格，以刻劃過之不鏽鋼探棒探測濾料深度，並以一基準點(如反洗集水槽)為量測基準，量測每一方格之中間探測深度，並記錄之，若任一方格濾料深度誤差大於5公分，則可能有支撐結構崩塌之情況發生，應予以注意並利用濾料更換時機予以修復。

#### 四、操作評估要點

除了優良的過濾設備外，操作其實是最重要的，在操作上，除了透過「規定」，讓操作人員瞭解必需遵守的事項外，亦需透過不斷溝通，使操作人員產生共識，瞭解其中的原理及重要性，由衷的去重視。作成標準操作程序之制定前，下述要點是應予以重視的：

##### (一) 連續數據之蒐集

要幫助工程師及操作人員判斷過濾操作狀況，相關數據(尤其是連續數據)之蒐集相當重要，過濾池應蒐集的數據包括每一濾程過濾水濁度之連續數據(最好有粒子數測定之數據)、濾程、每次反洗操作之歷程、水頭損失之連續數據等，皆應予以記錄，現甚至有不同深度濾料之水頭

損失連續偵測設備之發展，若能安裝將更有助於濾料狀況之判斷。

## (二) 水力負荷之評估

一個淨水場每一區過濾池原設計負荷容量與現處理量應有適當之配置調整，避免出現某一區過濾池超負荷之狀況發生，另外同區同型過濾池每一池的處理量是否平均，也很重要，尤其是當某一池進行反洗時，該池處理水量應使用備用池處理，或和緩平均的分配到其他池處理都是應注意的。一些政策性的增加處理量，仍應對最壞之處理狀況加以評估及掌握。

## (三) 目視檢視與紀錄之落實

日常操作中，操作人員是最瞭解各過濾池的操作狀況的，一些常見的現象，可由操作人員作成日常記錄反應給工程師作為維修（護）之依據，如：「反洗濾料突沸」，可能支撐物或集水設備結構損壞；「濾床表面產生泥球」，可能濾料使用過久，應予更新（更換），或反洗或表洗效率不佳，設備應予以檢修；「過濾時由過濾池表面發現漩渦」，過濾產生短路，可能支撐物或集水設備結構損壞或濾料分佈不均勻；「濾料表面龜裂及不平整」，可能反洗操作不當，或支撐物或集水設備結構損壞，需改善操作或作設備檢修。以上均為一般性例子，操作人員還可能發現更

細的問題，包括反洗廢水澄清度與濾程狀況狀況對照、反洗後水頭損失降不下去及濾程一向很短等問題，都可提供工程師作為改善研判之參考。

## (四) 反洗操作之最佳化

反洗操作是過濾池操作成敗的關鍵，首先應瞭解反洗操作之時機是否恰當，一般可透過包括濾程、過濾水濁度及水頭損失等三個因素來決定，濾程屬一般經驗；水頭損失可用以考慮過濾水量、積泥反洗難易及產生負壓等；過濾水濁度則是考慮濁度穿透現象，但應從連續數據來觀察濁度變化，一般可使用一個濁度限值（如 0.1 NTU）或利用連續濁度變化曲線之斜率來規範操作。三個因素一般而言，相互間應有一定之相關性可供反洗判斷，但以三因素搭配，超過三者間任一操作風險限值，即開始進行反洗，亦不失為最保險之操作。

在作好反洗時機之選擇後，應作好反洗時程（Sequence）之訂定，反洗以使濾料達到足夠之膨脹率，並使用足夠之反洗速度及時間（水量），使濾料產生有效搓洗為原則，反洗時之膨脹率應達<sup>(7)</sup> 20~25%，反洗流速應達 $0.6 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{min}$ 至 $0.8 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{min}$ 為最佳，唯仍應注意濾料流失狀況及反洗廢水洗淨濁度之狀況，作適當之調整。

膨脹率之測定可使用有明顯標示頂端（可裝一白色圓盤）及長度刻劃之不銹鋼長探棒，於反洗操作時，量測反洗前及全速清洗（最大膨脹率）時濾料之參考深度，二者之差除以濾料深度求得。

反洗初期應使反洗水量作緩速增加，可避免對濾床支撐物及濾料排列之衝擊，降低濾料的流失，反洗末期則應使水量作緩步降低，以助於濾床初濾的成熟度；當然，過濾初期過濾水之開度，亦應呈緩步階梯式增加，或使用過濾初排（Filter to Waste）之方式，以減低初濾階段濁度穿透尖峰之發生，因為Cryptosporidium及Giardia具有伴隨初過濾濁度尖峰，流入配水管網之風險，根據過濾水中所含粒子粒徑分析結果<sup>(2)</sup>，初過濾濁度尖峰處最大比例粒徑，與隱孢子蟲雙孢囊之大小約略相同，故應予重視。當然在全速反洗時，反洗時間（或水量）應足夠，才能有效清洗濾床，是否有效清洗，可以反洗廢水濁度對反洗時間之分佈圖觀察而得，反洗效率高之濾床，反洗廢水尖峰濁度高，最終濁度低且分佈曲線下面積廣，反之，則屬清洗不佳之狀況。

最佳反洗時程，可能因濾料狀況、原水濁度、混凝狀況及水溫而有所不同，可以實驗加以釐清。

## 五、結語

過濾池設備之優良與操作人員之訓練有素，同等重要，精緻化操作之融入，已不可或缺。在邁向二十一世紀的同時，不論使用自動或手動操作，均應對所有的濾床定期進行有效體檢，才能使操作達到最適化，減低病原性微生物對公共給水帶來之威脅。

## 六、參考文獻

1. 高肇藩編著，衛生工程給水管（自來水）篇，中華民國六十九年。
2. 陳錦祥、張次郎、陳曼莉、薛志宏、廖于恆，淨水場快濾池操作改善評估研究，第六屆國際飲用水水質管理與處理技術研討會，89年5月。
3. AWWARF and AWWA， Self-Assessment Guide for Surface Water Treatment Plant Optimization.1997.
4. AWWA， Guidance Manual for Compliance with the Filtration and Disinfection Requirement for Public Water Systems Using Surface Water Sources.1991.
5. Appiah Amirtharajah， Barbara Maria Brouckaert and M.Timmerly Richman， Filtration:The Great Barrier to Particles， Parasites and Organics.The International Workshop on Drinking Water Quality Management and

- Treatment Technology Proceedings ,  
1999 , Taiwan , ROC.
6. Susumu Kawamura , Integrated Design  
of Water Treatment Facilities.1991.
  7. AWWARF and AWWA , Criteria for the  
Renovation or Replacement of Water  
Treatment Plants , 1991.
  8. Susumu Kawamura , Design and  
Operation of High-rate  
Filters.J.AWWA , 91:12:77-90 ,  
Dec.1999.
  9. Trussell R.Rhodes , Melissa M.Chang ,  
John S.Lang and Willie E.Hodges Jr. ,  
Estimating the Porosity of a Full-scale  
Anthracite Filter Bed. J.AWWA ,  
91:12:54-63 , Dec.1999.
  10. USEPA , Optimizing Water Treatment  
Plant Performance Using the Composite  
Correction Program.1998 Edition.
  11. Michael J.MacPhee and William  
Becker , AWWA Coagulation and  
Filtration Committee , Filter  
Backwashing:When and How.Opflow ,  
25:3:10-12 , AWWA , MAR.1999.
  12. AWWA , ” Water Treatment Principles  
and Practices of Water Supply  
Operations” 2 nd Edition , 1995.

## 美國自來水協會過濾濾料規格

康世芳\*

本文摘錄至美國自來水學會過濾材料標準(AWWA standard for filtering material; ANSI/AWWA B100-96)。本文只用於提供購買者對於過濾材料的購買及安裝之參考，不適用於當作過濾濾床的設計準則。本文提供的標準可使用於購買及驗收過濾材料的規格，同時也適用於檢驗過濾材料的物理及化學特性的準則。

### 濾料物理條件

包括無煙煤、石英砂和高密度砂應符合下列要求：

#### 無煙煤

過濾用無煙煤應包含各種粒徑之堅硬耐用無煙煤，混入非無煙煤材質以符合此標準是不可接受的，無煙煤應避免頁岩、黏土和其它異質岩石碎片混入。無煙煤之比重、莫氏硬度和酸溶解程度如表1。

#### 石英砂

石英砂應包括堅硬、耐用和主成分為矽土之物質，於搬運及使用時不易分解，

石英砂應避免黏土、灰塵和易碎頁岩與有機物混入。石英砂之比重、莫氏硬度和酸溶解程度如表1。

#### 高密度砂

高密度砂應包括堅硬、耐用、耐磨的粒狀石榴石、鈦鐵礦、赤鐵礦、磁鐵礦、和其他類似材質的礦石。高密度砂應避免黏土、灰塵和易碎頁岩與有機物混入。高密度砂之比重、莫氏硬度和酸溶解程度如表1。

備註：對於黏土、灰塵和易碎頁岩與有機物通常不需要試驗，但是假如這些雜質於濾料中相當明顯則濾料應受下列限制：(1) 以ASTM 標準方法C117試驗，藉反沖洗洗出的顆粒粒徑小於No.200篩(0.074mm)的量不得多於2%；(2) 細顆粒所含之有機物顏色不可比ASTM 標準方法C40之標準色更黑。

#### 濾料尺寸

粒徑通常定義區分以有效粒徑(ES)

\* 淡江大學水環系教授

和均勻係數（US）或以顆粒尺寸範圍表示。當提出過濾材料的規格時，只有下列一個應被使用：

- a. 有效粒徑與均勻係數應由買主定義區分。

- b. 買主應定義過大及過小尺寸粒徑之顆粒可容許之重量百分比。尺寸範圍的定義應包含90%、60%和10%乾重通過率的粒徑，或定義其他有關特別應用的資料。

表1：濾料物理條件

濾料種類	比重	特性	
		莫氏硬度 (Mohs' scale)	酸溶解程度%
無煙煤	>1.4	>2.7	<5
石英砂	>2.5	NA	<5
高密度砂	>3.8	>5	<5

### 化學條件

本標準並無定義化學條件的標準。

品認可後，所運輸之物品應相同於樣品之品質。樣品之認可應符合下列之要求。

### 樣品之許可

如於合約中有規定樣品於運貨前應符合認可，則各種尺寸的代表性樣品應於裝貨前接受檢驗。樣品應存放於乾淨、緊密、無灰塵之容器，並清楚標示供應商之地址及名稱和內含物之等級及尺寸。在樣

### 樣品的抽樣

濾料之樣品抽樣應根據ASTM 標準方法D75的規定及下列的修訂和補充，抽樣樣品的樣品大小及樣品中顆粒尺寸的關係如表2所示。

表2：抽樣樣品的樣品大小及樣品中顆粒尺寸的關係

樣品據顆氏最大尺寸		樣品大小	
mm	in	kg	lb
63.0	2.5	45.0	100
37.5	1.5	32.0	70
25.4	1	23.0	50
19.0	3/4	14.0	30
12.5	1/2	9.0	20
9.5	3/8 或更小	4.5	10

## 大量運輸

通常不建議大量運輸。代表性之濾料樣品於大量運輸中最易從製造中或產地填裝時取得。當卡車或列車於產地填裝時，允許於濾料填裝過程中之截面進行取樣，混合樣品應根據表2準備，且每個滿載之列車或卡車皆須取出混合樣品。應當避免於水廠卸貨點取樣，然而，假如買主決定於水廠卸貨點取樣時，樣品應從每列車或

卡車上之10個地點取出，除了從四個角落附近及中心點採樣外，另外，隨機從其他五個點採樣。

## 袋裝運輸

當材料以袋裝運送至工作地點時，袋中之樣品應使用取樣器收集，從各袋取出的樣品需混合成如表2的混合樣品，最少多少袋需採樣參照表3。

表3：袋裝運輸時，採樣袋數參照表

定義和通效	均以有和通效
2-8	2
9-15	3
16-25	5
26-50	8
51-90	13
91-150	20
151-280	32
281-500	50
501-1200	80
1201-3200	125
3201-10000	200
10001-35000	315
35001-150000	500

## 小型容器運輸

當小型容器於生產地填裝，允許從填裝材料的截面取樣，混合樣品應如表2準備。小型容器在填裝後之取樣數目應如表3所示，且每個尺寸形式的材料皆需取得一個混合樣品。

## 混合樣品試驗方法

混合樣品應根據ASTM 標準方法 C702試驗，試驗方法如下：

於酸性溶液中的溶解度：

濾料於酸性溶液中的溶解度是將已知重量的濾料浸泡在1：1鹽酸溶液中【以等

體積的鹽酸（比重1.18）和水混合】，直到所有可溶解的物質溶解，然後計算損失的濾材重量。最小試驗樣本和1：1鹽酸溶液重量如表4所示。溶解性試驗程序如下：

1. 以蒸餾水清洗樣本，然後以110°C ±5°C烘乾至恆重。
2. 於乾燥器中將樣本冷卻。稱取烘乾樣本如表4所示的重量（容許誤差為0.1%的所需樣本重）。
3. 將樣本放到燒杯且加入1：1的鹽酸，使樣本完全浸在鹽酸中。但是所使用的量絕對不可以少於表4所標示的量。
4. 在溶液起泡停止後，將燒杯偶而攪

拌置放於在室溫下30分鐘。

5. 用蒸餾水清洗樣本數次，然後以110°C ±5°C烘乾至恆重。
6. 所有的樣本以乾燥器冷卻。稱取烘乾樣本重（容許誤差為0.1%的所需樣本重），紀錄損失的材料重量。

被酸消耗掉的濾材之計算公式為：

$$\text{酸溶解度(\%)} = \frac{\text{損失的材料重量}}{\text{料原重量}} \times 100$$

每種粒徑的濾料應該重複上述的實驗，且將二個結果平均。如果兩個實驗結果的誤差大於總樣本重量的2%，則必須再多作二組實驗，並將4個數據平均。

表4：對酸的溶解性試驗的試驗樣本和1：1鹽酸溶液所需重量

樣品中顆粒最大尺寸	最小試驗樣本重量	最小 1：1 鹽酸溶液重量
mm	g	mL
63.0	4000	7000
37.5	250	800
25.4	250	800
19.0	250	800
12.5	250	800
9.5	100	320

### 比重

高密度碎石的比重、高密度砂、石英砂，和無煙煤應該根據ASTM 標準方法C128來決定，且記錄為明顯比重。無煙

煤也可根據ASTM 標準方法D4371來測試其是否漂浮或沉降。

### 篩分析

濾料的篩分析必須依據ASTM 標準方

法C136，和以下的修改及增補。

1. 規則：顆粒大小應該經由符合ASTM E11的標準篩去篩取。而定義顆粒的大小時，應該依照顆粒所

能通過的最小篩孔。

2. 樣本大小：用於篩分析時最小的樣本量，應該符合表5所述。

表5：篩分析的最小樣本量和粒徑的關係

樣品中顆粒最大尺寸		最小樣本重量	
mm	(in)	kg	lb
63.0	2.5	23.0	50
37.5	1.5	16.0	35
25.4	1	11.0	25
19.0	3/4	6.8	15
12.5	1/2	4.5	10
9.5	3/8	2.3	5
No. 4 (4.75)		500.0 g	
No. 8 (2.36)		100.0 g	

篩分析的程序必須依照ASTM C136標準方法。必須注意對無煙煤進行篩分時，避免造成無煙煤的破碎。一般而言，篩分需要機械搖晃，礫石或石英砂要10分鐘±0.5分鐘，而無煙煤要5分鐘±0.5分鐘。所有用來測試濾材的標準篩，其耐受度必須能符合ASTM標準方法E11。如果對於使用的標準篩之孔徑有疑問時，應使用符合國家度量衡標準的標準參考材料（玻璃球），依照標準程序去正確的量測篩孔的孔徑。

為了避免利用內插法去計算有效粒徑（其孔徑約有10%的顆粒可以通過）和D60（其孔徑約有60%的顆粒可以通過）時太不精確，所使用的篩的孔徑大小和其

相鄰孔徑的篩之孔徑大小比值應該是2開4次根號或是1.1892。篩分析的標準篩選擇，以一個篩的孔徑小於容許最小有效粒徑為原則，其他5個篩的孔徑則大於容許最小有效粒徑，因此，所能量測的粒徑範圍較大。如果規格中有對微細的顆粒數量有限制，則篩的總數應增加為7個，如此會有兩個篩的孔徑小於容許最小有效孔徑。

有效粒徑和D60的計算方法是將通過每一個篩的顆粒累積百分率數據繪製於對數圖或半對數圖上，篩孔大小以對數軸表示，而通過累積百分率以比率軸或是線性軸表示，圖中各點必須以平滑曲線連接起來。

均勻係數是從曲線上得出通過10%顆粒時的篩尺寸（以mm為單位），然後再得出通過60%顆粒時的篩尺寸。然後將後者除以前者，所得即為均勻係數。

### 莫氏硬度等級

並沒有任何標準方法可以作為操作依據；然而，所有的商業性質的實驗室都使用相同的方法。

### 不符合規格的處置

如果濾料不符合標準，應該進行更換。針對有疑慮的濾料，施工者、供應商或製造商可以聘請購買者可信任的獨立實驗室來進行試驗。

### 附加的現場試驗

如果購買者、施工者、製造商或供應商願意，可以額外提供兩個具代表性的樣本，讓一個大家都能接受的獨立實驗室進行樣本試驗。除非購買者與施工者有其他協議，否則所有的結果應該予以平均。如果試驗報告結果符合標準規格，購買者應該接受濾料。倘若濾料的試驗結果不符合標準規格，施工者應該立即更換濾料。

### 不合格濾材的替代處理方法

在購買者同意的前提下，製造商可以針對問題濾料於現場進行再加工，使問題濾料符合標準規格。

## 蛻變中的泰國都會區自來水

吳陽龍\*

### 一、前言

第十四屆亞太自來水協會於泰國清邁舉行，巧遇前荷蘭戴富德大學研究所同學 Niti Exabhud，其任職位於曼谷的國家都會自來水局（Metropolitan Water Authority（簡稱MWA）），聽其暢談機關組織改革的成果及獲得ISO9002認證的歷程，覺頗值一看，便相約會期後，利用於曼谷停留時間，邀水質中心史主任午康及配水股鄭股長錦澤同赴參訪，收獲頗多，特撰所感，以供參考。

### 二、泰國都會區自來水概述

#### 2.1 生產與供水

曼谷的自來水構建於1909年，1914年開始供應，當時人口僅約30餘萬人，隨著人口增加，慢慢發展，1967年奉核定擴大供水範圍，並由曼谷自來水廠更名為都會自來水局（MWA），目前供水服務範圍包括Bangkok、Nonthaburi、Samutprakarm三省，總人口約748萬人，負責的地區約

3,080平方公里，其中已供水區面積1,148平方公里。依1999年的統計年報資料（如附表二），申請供水戶數約138.5萬戶，全年的供水量為14.15億立方公尺，其中72.3%來自Bangkhen淨水廠（出水能量3,200,000CMD），27.7%來自Samsen淨水廠（出水能量550,000CMD）、Thonburi淨水廠（出水能量150,000CMD）、Mahasawat淨水廠（出水能量390,000CMD）及Mobile淨水廠（出水能量42,000CMD），另外尚有深井系統約35,000CMD，設備利用率高達92.6%，因此，為因應工商業發展，都市人口持續增加，計劃在2006前將再投資546.92億泰銖（一泰銖約0.8元新台幣）於各項取水、導水、淨水、送水設備及加壓站、配水管網系統等的擴建，預計在2001、2002年Mahasawat淨水廠每年可各再增加出水400,000CMD，2006年Mahasawat、Bangkhen淨水廠也將各再增加400,000CMD，出水總能量將由1999年的4,367,000CMD，於2006年提升至

\* 臺北自來水事業處工程總隊總工程司

5,967,000CMD。

原水主要取自Chao Praya River，淨水設備均採單一型式，以石灰調整原水的pH值，加硫酸鋁為混凝劑，採用圓形高速混凝沉澱池，快濾池為單一深層濾砂，前氯加於混凝劑之前，後氯加於快濾池之後，出水水質均符合WHO的各項水質標準。

## 2.2 管線系統

在管線系統方面（如表一：MWA的各種管材、制水閥、消防栓統計表），迄1999年底止，2.0~3.4 M輸水隧道長32公里，加壓站出水配水幹線500mm ~ 2000mm長949.2公里，其中鋼管（SP）76.75%、一般鑄鐵管（CIP）12.22%、預力混凝土管（PCP）7.2%、石棉管（ACP）3.2%及少量延性鑄鐵管（DIP）及聚乙烯管（PEP）；配水支線100mm~400mm長12,774.5公里，其中石棉管69.71%、聚氯乙烯管（PVCP）27.04%，鋼管及鍍鋅鋼管（GIP）各佔1.09%、及少量的DIP、CIP、PCP；用戶給水管1/2~3 inch長5319.6公里，其中聚氯丙烯管（PBP）52.81%，GIP 37.05%、PVCP 9.92%，及少量的DIP、PEP。

因管材老舊及腐蝕問題，漏損率約為40%，包含管線系統漏水、表差及無表用水等，如果不有效處理，漏損將持續增

加，缺水問題也將愈來愈嚴重，因此計畫2000至2003年，引進國外新的檢測漏技術與管理技術，辦理老舊水管的汰換、系統檢測、修漏、無表用水調查及裝表供水等，並將三個漏水嚴重的區域（Sukhumwit、Nonghaburi、Phasicharoen Branch）委託國內外三家公司辦理，總經費為145億泰銖，平均每年約36.25億泰銖，首度超過年度擴建經費，計畫將在四年內使漏水降低30%。並將視成效再繼續推動辦理。

## 2.3 營運及成本

供水區內共有房屋259.5萬棟，申請自來水為138.5萬戶，其中一般用戶104.1萬戶，工商業及政府機構用戶為34.4萬戶，供水普及率約65%，年售水量8.56億立方公尺中，一般用戶為4.4億立方公尺，佔51.3%，工商業及政府機構用戶為4.1億立方公尺，佔48%，公共用水僅為0.06億立方公尺，約0.7%。水價每年依營運成本調整，報內閣核定後實施，目前一般用戶每度8.52泰銖（為1990的1.68倍），工商業及政府機構用戶每度12.24泰銖（為1990的1.57倍），以往每年均有十數億泰銖的營利，但1999年因受金融風暴，泰幣大幅貶值影響，匯兌損失由以往的不及5%，一下提高至27.49%，亦造成6.15億泰銖的虧損。

在每度單位成本11.94泰銖下，用人

費約佔19.93%、電力及化學支出佔8.97%、匯兌損失27.49%（主要來自美元及日元貸款的匯兌損失）、折舊及攤銷為26.75%、國內利息及承諾費用約11.73%。

### 三、ISO9002的推動及成果

以Mrs. Chuanpit Dhamasiri（本次亞洲自來水協會大會主席）為首的管理階層，認為推動ISO9000系列品保制度，對外而言，是一套國際性的品管標準，可增加客戶對產品本身與服務過程的信心，對內而言，透過全員參與及訓練，達成員工品質意識的團結及建立跨部門作業的共識，是強化企業體質的一項有效工具。而各種作業標準的推行，可建立企業完善的書面化制度、程序和組織，不僅可使經營、生產及服務均能系統化的運作，提升整體績效，員工增加自信，民眾也對所供給的自來水水質有充分的信心。推動過程中，各種企業技術文件資料，亦可整合成公司的知識資產，以供組織日後訓練、溝通、改善、成長的需要。

因此，於1994年開始推動ISO的品質認證，最大的Bangkhen淨水場首先被要求取得ISO9002的品質認證，以建立以國際標準的生產與供水作業程序及控管流程，來確保供水及服務品質的均一，並透過各種作業流程的重新檢討，弭除部門責

任界面灰色地帶上所產生的計劃遲滯或部門過於保護自我的本位主義，亦即將複雜的管理，透過標準化的特質，加以簡單化而易於執行。該場建於1974年，1979年第一期完成800,000CMD淨水設備，逐年擴建淨水設備，至1999年其總出水量已達3,200,000CMD，並持續擴建中。所擬定的品質系統包括原水、化學加藥及檢驗、沉澱、過濾、消毒、輸水隧道、渠道及配水系統等的管理及操作等。依ISO9000的原則制定各種流程手冊、工作指令及宣導小冊等來積極推動，品質政策定為『生產公眾滿意達世界水準的自來水』。品質目標則設定為『依據ISO9002：1994品質保證的世界標準，訂定生產流程所產出的乾淨自來水，獲用戶高度滿意，每年由管線系統所取得水樣，其中低品質水樣不容許超過5%』。

推動過程中，每一位員工均被通知及要求如下：

1. 品質政策與推動執行均需依據ISO9002：1994之規範辦理。
2. 在規範之下改善品質及監督控管系統的每一作業流程。
3. 對組織誠摯地奉獻，對負責的工作全力以赴，並設定改善目標，戮力達成。

推動過程雖阻力不斷，困難重重，但由於領導階層的堅持及督促，全體同仁由

認知而配合，進而充分合作與努力，費時六年，終於2000年10月獲得ISO9002的認證。

在推動ISO9002的執行過程，透過全員參與，有以下成果：

1. 能依品質手冊系統地對工作指令的每一步驟及例行監督作正確評估。
2. 能依系統資料來推動執行及監督並改正團隊工作。
3. 能促使執行系統的發展及現代化。
4. 能改善個人績效，並為任何可能發生的事預作好準備。
5. 能減少部門內多餘混亂的工作，使同仁有更好的合作。
6. 能建立同仁間良好的關係及組織內友好的氣氛及環境。
7. 能促使同仁了解公司是一體的，而對用戶的需求更為注意，並改善其服務態度。

#### 四、國際性的訓練中心

MWA設有訓練中心有計畫地對員工施以訓練，以提升員工的技術及管理的能力。訓練中心受鄰近國家的要求，於1993年開始對本國以外的自來水從業人員提供訓練課程，並在日本政府資金的協助下，將訓練中心擴大，成立國家自來水技術訓練中心（National Waterworks Technology Training Institute）。中心設國外合作部，

並與日本國際合作署簽定年度有關自來水供水技術國際課程，並提供獎學金對第三國家的自來水從業人員施以訓練計劃，參加過的國家有馬來西亞、印尼、越南、柬埔寨、菲律賓、斯里蘭卡、尼泊爾、巴基斯坦、不丹、孟加拉、斐濟、薩摩亞、巴布亞新幾內亞、寮國等，各國派出之受訓人員以管理階層為主，有幾年受訓者甚至高為董事長或總經理級等主其事者：另外MWA也可以提供師資，赴國外（如越南、柬埔寨）辦理較長期的供水管理實務課程，以滿足其需求，最近並以日本國際合作署的專家身分至柬埔寨Phnom Penh Waterworks 作為期六個月指導現場的管理維護及淨水處理操作。受訓成果普獲受訓者及參與國家的肯定，對參訓國家的自來水發展有相當的助益。

#### 五、生飲計畫的推動

因為自來水是國家現代化的指標之一，MWA認為在各淨水場的出水水質均符合WHO的標準，並已獲ISO9002的品質認證，有信心讓每一地方的自來水都可直接飲用，並可廣為宣導讓其他國家及外國訪客知道『曼谷都會區的自來水是可以生飲的』。

生飲計畫從1997年開始推動，MWA先以自己為例，對每一棟建物執行水管及水池水塔檢查改善，經過水質測試合格，

並讓同仁均轉而飲用自來水。另一方面，與泰國對健康研究相當有名的Mahidol University合作，對供水區內13個供水分區的管網系統作全面性的水質檢測，檢測結果均符合WHO的水質項目標準，並自1997年五月開始，對合格的供水分區宣佈自來水均為可生飲地區。但是用戶仍常有水質不佳問題發生，對自來水生飲有相當的疑慮。

造成水質不佳最主要的原因，是給水內線系統及管理維護的問題；由調查結果顯示，有29.3%的用戶利用馬達，其中17.1%直接抽水，82.9%利用水池、水塔間接供水，常因水池、水塔未妥善清洗管理而發生水質問題。為了推動用水安全，除了對用戶加強宣導，讓其了解老舊銹蝕管線影響水質及造成漏水的原因，經常清洗水池水塔的重要性，馬達直接抽水的嚴重性，並引進安全的馬達直接加壓系統供用戶裝置等。此帶來很好的作用，可讓用戶充分了解，對自來水用水系統必須經常維護管理的重要。

為了取得用戶信任，1998年五月開始，MWA再與Mahidol大學及政府的公共衛生部合作，定期檢測及分析各地取得的水樣，一年之後，在各種檢驗結果均符合WHO的水質標準，於1999年五月再宣佈供水區內任一地區之自來水均可飲用。

MWA的自我生飲計畫成功之後，接

下來的第一步為推動『學校生飲計畫』，初期經專家由不同的學校取樣檢驗，發現超過50%的水質未能達到標準，問題發生在學校本身的供水系統上，包含水池未清洗，過濾器長滿微生物、污泥及沉澱物；經過指導及教育後，學校對水池及過濾器均能加以定期清洗，1999年底已有84所學校可以直接生飲，MWA並給予學校獲得自來水可生飲的認證，並廣為宣傳，讓學校引以為榮，希望經由學生將直接飲用自來水的習慣帶入每一家庭。

學校推動成功之後，與市政府、旅遊局、公共衛生部等共同合作推動飯店生飲，教導協助改善管線系統，清洗水池水塔，並訓練其員工如何維護系統及檢測水質，當他們提出生飲申請，並獲確認水質符合標準，該飯店即宣佈自來水可以直接飲用，並明示於飯店的宣傳資料中。政府機構生飲計畫亦同時推動，經過檢測、改善、分析、保證之後，亦比照學校及飯店生飲計畫發給可以生飲的認證。

經過學校、飯店及政府機構推動生飲成功之後，開始對私人企業及一般住家推動生飲計畫。假如民眾均能配合使用，除了可免除水媒疾病的傳染外，並節省大筆購買瓶裝水、濾水器及燒開水的費用，提升生活品質及國家形象。

## 六、國營事業的競爭

泰國政府為提高國營企業經營績效，在1995.7.20通過監督國營企業的相關規定及評鑑系統，設評鑑委員會代表政府評估國營事業的表現，並監督有關長期契約、增資、借貸、保證、投資、預算及基金之使用等。國營企業的董事會則被授以全權決定管理事宜，由於各國營企業性質、發展及結構不同，依其營業型態分成四組，訂立合適的監督及誘因系統，對經營績效優良者增加獎金，對不滿意者減少獎金，年度薪水的增加數則視企業賺錢或虧損而定。

MWA與通信局、電話局、機場及省自來水局等獨佔及自負營虧的單位被分為同一組，於1996年開始納入評鑑，依自來水企業的特質，評鑑委員會的代表與MWA高層管理者協商，擬定六個評鑑考慮因素：

1. 收入效率考慮營收效益、生產成本及花費等。
2. 操作效率考慮漏水率、售水量、收帳、修漏、服務發展系統、新接水戶及換表等。
3. 服務效率考慮公共服務、水質、可生飲範圍、用戶滿意度調查等。
4. 計畫執行效率考慮擴建計畫、抽換管線、降低漏水計畫等的執行績效。
5. 計畫執行品質考慮計畫推動執行中

的用心與努力、計畫修正次數、監督及評鑑結果等。

6. 管理品質考慮用戶的重要反應、行銷推動及員工管理、管理者控管品質成效、董事會在政府政策監督及推動的角色等。

1999年度因金融風暴而造成巨額的匯兌損失，導至虧損，致評鑑結果不佳，元月初，同學來信告知，由於其公司上下的努力，在2000年度的評鑑結果，MWA獲得同組國營企業中，評鑑最優（第一名），可獲得高額的獎金。

## 七、用戶服務的改進

依過去的營業章程，供水責任至水錶為止，用戶內線由用戶自行負責，唯主其事者認為MWA已由一個政府組織蛻化為事業體，必須加強服務的速度及讓用戶更為方便與滿足，提升管理績效，加強水質控管，提供快速的到家服務。並將組織的服務信念修正為「走進用戶、社會服務、增加影響力、成為國際的典範」

全體員工知道，MWA在自來水的生產及服務有長久的經驗及充足的知識，這也是獲得用戶的信任及尊敬的原因，讓員工走入用戶家裡，利用專業知識，提供用戶安全用水的建議及解決各式各樣有關自來水的問題，諸如對用戶水管之設置、維護管理、管線檢測漏及修理等，均可到家

服務，其中地下漏水檢漏，可以免費提供，依據MWA人員的經驗配合良好現代的設備，地下的漏水可以得到快速正確的發現修理，每年讓很多的用戶可以免於漏水問題的困擾。並有一計劃，針對政府機關、學校、觀光飯店及用戶家作定期的取樣，加以水質分析，並定期公布讓民眾知道自來水是安全的。

另外用戶對水表的準確度非常在意，一個公正且被認可的水表測試中心非常重要，由於水表數量龐大，MWA建立自己的水表檢測中心，並取得政府度量衡部門驗證許可，除了檢測自己公司的水表之外，也提供鄰近國家及泰國其他公私立組織水表準確度的測試服務，普遍受到用戶的認同及信任。

## 八、結語

進入曾獲得泰皇綠、美化獎的總部

（在Bangkhen淨水場內），數十公頃的場區，處處花木扶疏，整潔而井然有序，到處插滿了慶祝獲得ISO9002的旗子，同時有日本參加亞洲自來水協會的代表團至場區參觀，由員工驕傲自信地介紹其處理流程及答覆問題，可以感受其推動ISO9002認證的成果；企圖成為國際性的自來水訓練中心，證明其在技術與管理上已有相當成效，而且可以與時俱進，才能教導他人；生飲計畫的推動，代表其對供水系統與水質已有十足把握及信心，以及促使曼谷成為現代化都市的決心；將國營企業之間的評比及所設定的目標，作為改善經營績效的原動力；而服務到家的推動，可以協助用戶解決諸多自來水的問題，獲得用戶的肯定與尊敬。凡此種種，均可看到主其事者的企圖心以及員工的用心和努力，特將所見，與各位同業先進分享。

表一 MWA 各種管材、制水閘、消防栓統計表

管線型式及種類	輸水幹線		配水管線		用戶管線		總長度	
	公里	%	公里	%	公里	%	公里	%
鋼管 (SP)	717.99	3.83	145.31	0.73			868.37	4.56
鑄鐵管 (CIP)	126.37	0.61	107.74	0.49			209.45	1.10
預力混凝土管 (PCP)	68.64	0.36	9.76	0.04			76.17	0.40
石棉管 (ACP)	30.47	0.16	8886.92	46.76			8935.07	46.92
延性鑄鐵管 (DIP)	3.81	0.02	1.90	0.01	9.52	0.05	15.23	0.08
聚乙烯管 (PEP)	1.90	0.01	34.28	0.18	1.90	0.01	38.09	0.20
聚氯乙烯管 (PVCP)			3454.44	18.14	527.50	2.77	3981.94	20.91
鍍鋅鋼管 (GIP)			139.02	0.73	1971.3	10.35	2109.99	11.08
聚丙烯管 (PBP)					2809.34	14.75	2808.87	14.75
總計	949.18	4.99	12774.47	67.08	5319.56	27.93	19043.21	100.00
門閘 (GV)				54311				54311
球閘 (BL)				3028				3028
蝶閘 (BV)		1233		249				1482
小計		1233		57588				58821
消防栓		0		11910		0		11910

幣值管1 泰銖=0.8 新台幣

表二 年度經營統計表

項目	單位	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
出防量	百萬立方公尺	1,049.3	1,109.2	1,175.5	1,224.3	1,405.2	1,549.4	1,632.8	1,555.2	1,425.2	1,415.2
型售防量	百萬立方公尺	718.7	781.3	823.4	836.1	816.1	870.3	911.2	944.7	914.8	856.57
民眾售防量	百萬立方公尺	369.4	391.7	405.4	413.9	415.8	444.5	454.5	457.6	461.9	440.1
工商業售防量	百萬立方公尺	347.9	387.7	416.4	420.0	398.2	423.9	449.8	471.1	442.7	410.8
公共長防量	百萬立方公尺	1.4	1.9	1.6	2.2	2.1	1.9	6.9	16.0	10.1	6.2
售防率	%	68.5	70.7	70.1	68.3	66.1	61.9	58.8	57.9	58.8	60.6
接防度	度	949,411	1,027,623	1,090,995	1,139,299	1,194,161	1,241,380	1,289,168	1,341,838	1,369,728	1,384,958
員工數	人	5,732	5,656	5,618	5,635	5,742	5,736	5,684	5,581	5,432	5,312
服務比	度/人	166	181	194	202	208	216	227	240	252	261
服務面積	平方公里	680	710	740	784.4	822.3	892.9	968.9	1,096.4	1,129.3	1,148.4
13mm	度	644,339	692,744	728,477	755,946	784,338	807,586	830,262	859,755	879,426	890,619
20mm	度	270,808	297,305	321,339	338,473	360,207	380,440	401,647	422,003	429,599	433,108
25 mm	度	23,682	25,970	28,531	31,202	34,546	36,836	39,305	40,870	41,063	41,342
40mm	度	3,412	3,632	4,038	4,674	5,381	5,959	6,432	6,858	6,858	6,909
50mm	度	4,182	4,650	4,983	5,122	5,551	6,204	6,883	7,444	7,714	7,853
50mm 以上	度	2,983	3,322	3,627	3,882	4,138	4,355	4,639	4,908	5,048	5,127
每月每度長防	立方公尺	65.72	65.48	64.27	62.34	58.04	59.37	59.45	58.78	55.39	51.64
供防區人口數	人	7,070,580	7,205,942	7,132,651	7,185,501	7,239,151	7,251,480	7,316,780	7,361,779	7,443,584	7,478,916
房屋數	房屋	1,525,586	1,628,583	1,835,748	1,965,207	2,107,421	2,254,063	2,352,836	2,494,243	2,554,260	2,594,690

防費及各租	4,832.0	5,304.4	5,352.4	6,396.2	6,268.7	6,711.4	7,013.7	8,260.3	9,004.7	9,420.6
新裝收入	344.7	347.1	276.2	277.3	310.6	311.6	334.9	364.3	253.6	198.9
其他收入	235.0	477.0	480.3	377.7	483.0	493.8	540.3	412.7	419.3	215.6
型收入	5,411.7	6,128.5	6,108.9	7,051.2	7,062.3	7,516.8	7,888.9	9,037.3	9,577.2	9,835.1
直接費長	1,806.0	2,027.4	2,310.1	2,553.1	2,715.7	3,270.7	3,687.3	3,957.6	3,864.1	3,671.2
折舊與攤銷	906.8	890.2	895.4	891.4	993.5	1,698.3	1,899.9	2,151.2	2,455.3	2,785.7
利息及承諾費	905.3	956.7	891.0	880.8	905.5	1011.8	1014.7	997.8	1,162.4	1,140.6
壞帳	11.5	12.1	15.0	19.7	9.3	9.7	13.6	11.3	18.4	18.5
匯兌損失	271.3	255.5	224.5	224.6	233.0	319.9	281.2	303.9	856.7	2,812.4
其他費長	75.1	144.5	103.5	67.9	74.3	99.9	39.5	32.4	22.2	22.5
型費長	3,976.0	4,286.5	4,439.2	4,637.5	4,931.3	6,401.3	6,936.2	7,454.4	8,379.0	10,450.9
營餘	1,435.7	1,842.1	1,669.7	2,413.7	2,131.0	1,106.5	952.7	1,583.0	1,198.1	-615.8
流動資產	3,131.0	4,565.9	3,722.5	3,267.0	3,799.0	3,193.5	2,781.3	1,898.6	2,528.0	2,541.7
固定資產	16,715.5	17,358.8	20,025.9	23,809.8	27,001.0	30,411.4	33,217.9	38,738.0	41,764.6	43,608.5
型資產	19,846.5	21,924.7	23,748.4	27,076.8	30,800.0	33,604.8	35,999.2	40,636.6	44,292.6	46,150.2
流動負債	1,529.1	1,665.1	1,968.9	2,074.0	2,642.0	4,452.6	6,265.2	4,358.9	4,878.9	4,040.1
式期負債	11,184.0	11,282.2	11,266.9	12,068.4	13,714.8	14,307.1	14,073.7	21,207.9	23,242.6	25,464.5
型負債	12,713.1	12,946.3	13,235.8	14,142.4	16,356.8	18,759.7	20,338.9	26,342.3	28,121.4	30,276.4
淨值	7,133.4	8,978.4	10,512.6	12,934.4	14,443.2	14,845.1	15,660.3	14,294.3	16,171.2	15,873.8
資產報酬率	%	7.23	8.40	7.03	8.91	6.92	3.29	2.65	3.90	2.70
淨值報酬率	%	20.13	20.52	15.88	18.66	14.31	7.20	6.08	11.71	7.41
淨利率	%	27.62	32.44	29.54	35.98	32.2	15.66	12.89	17.88	12.56

資產週轉率	%	0.262	0.259	0.238	0.248	0.215	0.210	0.205	0.218	0.213	0.211
流動比率	%	2.05	2.74	1.89	1.57	1.44	0.81	0.44	0.37	0.52	0.63
負債/型資產比	%	0.64	0.59	0.56	0.52	0.53	0.54	0.57	0.65	0.63	0.66
負債/淨值比	%	1.8	1.4	1.3	1.1	1.1	1.2	1.3	1.8	1.7	1.9
單位成本	泰銖	5.19	5.23	5.19	5.38	5.84	7.08	7.33	7.64	8.94	11.94
住度長防單價	泰銖	4.99	4.93	4.68	5.38	5.42	5.47	5.54	6.62	7.61	8.42
工商長防單價 (含國營企業閩 政府部門)	泰銖	7.79	7.68	7.32	8.91	8.97	8.96	8.92	10.04	11.19	12.24
平均單價	泰銖	6.23	6.30	6.02	7.17	7.14	7.18	7.22	8.35	9.37	10.42

## 第十四屆理、監事會第十次聯席會議紀錄

時 間：民國九十年三月一日(星期四)  
下午四時

地 點：本會會議室

出席理事：林學正、賴騰鏞、沈明鋒、陳耀楠、盧清雄、黃金山、郭瑞華、唐榕森、歐陽嶠暉、鄭德福、李賢祥、洪武雄、王雪清、陳廉泉、蕭江碧、李公哲

請假理事：陳志奕、陳榮藏、林文淵、謝啓男、黃慶四、徐享崑、陳福田、廖宗盛、趙文雄、宋金順、鄧志清、楊清和、鐘登盈、徐明昌

出席監事：張 豐、敦悅富、張順興、劉鏡春

請假監事：李錦地、陳慶昆、李榮文、蕭源榮、程泰源

王任委員：蔡輝昇、江慶蠡

列席人員：劉家堯、闕河本、王魯人、葉光洲、張宣勝、蔡麗嫻、管惠嬋、劉玉李

主席：林理事長學正 記錄：王魯人一、主席致詞：

各位理、監事先生、各位主任委員、秘書長、各位會務工作同仁，大家好。今天召開本會第十四屆理、監事會第十次聯

席會議，也是新年度第一次會議，學正先向各位拜個年祝各位身心健康，新春愉快。

上次會議是在第十四屆第三次會員代表大會時召開，迄今在這三個多月來，與協會關係密切的兩大自來水事業單位在人事上有很大的變化，在此亦祝福不論是新任工作或轉任工作的，都能夠工作愉快，萬事如意。

新春伊始，希望協會在新年度裡亦要有新的氣象，業務上要精益求精，提高服務品質，各位同仁也必須秉持迅速實簡的工作精神來做事，各項經費該用則用，能不用則要儘量節約。

本次會議議案很多，稍後討論時，請各位提示高見，多多指教。謝謝！

### 二、報告事項：

(一) 秘書長綜合報告：詳如議程書面報告(略)。

(二) 各專案小組工作報告：

1. 修編「台灣自來水誌」工作報告。報告人：陳常務理事廉泉一詳如議程書面報告(略)。

2. 「台灣自來水界所使用『用戶水表』之口徑及換表年限之

經濟性及合理性」研討會工作報告。報告人：陳常務理事耀楠—詳如議程書面報告(略)。

(三) 會務報告：

1. 會務組報告：第十四屆理監事會第九次聯席會議(併同第十四屆第三次會員代表大會預備會議)決議案執行情形：詳如議程書面報告(略)。
2. 會計報告：編製本會八十九年度歲入歲出決算表列入討論事項提案第三號案提請審議。詳如議程書面報告(略)。

主席結論：一、秘書長綜合報告—洽悉同意備查。

二、各專案小組工作報告—依各專案小組召集人報告建議事項辦理。

三、會務組、會計報告事項—洽悉同意備查。

三、討論事項：

編號 第一號 提案人 林學正  
案由：為本會第十四屆第四次會員代表大會暨第卅四屆自來水節慶祝大會如何籌辦？請討論。

辦法：一、請商定大會舉行日期、地

點及籌辦單位。

二、大會籌備委員會主任委員擬敦請大會辦理所在地自來水事業單位主管擔任，至其委員人選及人數概請主任委員按照往例原則遴選決定函本會聘任之。

三、其餘應行辦理事項擬悉授權籌備會決定辦理。

決議：一、擬委請省自來水公司第八區管理處籌辦。

二、函請省自來水公司同意後辦理。

編號 第二號 提案人 林學正

案由：為本會第十八屆自來水研究發表會是否請籌辦今年會員代表大會單位負責統籌辦理，請商討決定。

辦法：請商討決定

決議：一、擬委請省自來水公司總管理處籌辦。

二、函請省自來水公司同意後辦理。

編號 第三號 提案人 林學正

案由：為編具本會八十九年度歲入歲出決算表等一案請審議。

辦法：請討論通過，以便送請監事會審核。

決議：照案通過並送請監事會審核。

編號 第四號 提案人 林學正

案由：自來水攸關國計民生，為提昇國內自來水長期之水準與品質，及為維持本會各項會務正常運作，協會之檢驗業務亦需配合政府訂頒之相關法令積極設法取得合格之檢驗授證，協會實有需成立「自來水檢驗研究中心」。如何籌辦，請討論。

辦法：本會有需成立「自來水檢驗研究中心」。

決議：成立五人推動小組由賴常務理事任召集人，小組成員由召集人遴選，就本案組織架構、經費概算等有關事項進行評估並提下次會議討論。

編號 第五號 提案人 郭瑞華

案由：本會九十年度自來水杯各項康樂活動比賽項目及籌辦單位與月份，經開會商定如附表，暨本會理、監事會第八次聯席會議決議由本委員會研討事項以及本會會員亡故，慰問金五千元申請辦法等案，以上擬依照說明辦理，當否？請審議決定。

說明：一、依據本會第十四屆理、監事會第八次聯席會議第十二號

案決議四建議研議事項，經本委員會研討決議：

- 1.維持原籌辦方式，惟康樂活動比賽項目酌予減少。
- 2.本年度擬舉辦①釣魚②保齡球③棋類等三項。（原預算編列六項）
- 3.棋類項日本(90)年度未編列預算，補助經費比照往例撥付，由他項未辦理經費勻支。

二、本會九十年度自來水杯各項康樂活動比賽項目如何及籌辦單位、月份經商定決議：

辦法：經審議通過後實施

決議：一、照案通過

(一)九十年度自來水杯各項康樂活動比賽項目及籌辦單位：

- ①釣魚一由省自來水公司一區處籌辦
- ②保齡球一由省自來水公司二區處籌辦
- ③棋類一由省自來水公司三區處籌辦

(二)本會年度事業計劃，有關會員福利規定：「會員本人亡故，由本會派員慰問其家屬，並致送慰問金五

千元以示慰唁。」，相關申請手續經研討決議如下：

- 1.申請受領人之資格及順序：①配偶及子女②父母③祖父母④孫子女⑤兄、弟、姊、妹。
- 2.應具備書件①死亡診斷書或檢察官相驗屍體證明書（死亡宣告者為判決書）②訃文或載有死亡日期之戶籍謄本。
- 3.申請受領之時效：給付受領權自得申請之日起，因一年間不行使而消滅。

二、各項康樂活動比賽委辦單位函請省自來水公司同意後辦理。

編號 第六號 提案人 陳廉泉  
案由：建議早日著手蒐集民國八十三年至九十二年台灣自來水有關資料，以利日後之修編「台灣自來水誌」案。

辦法：建請成立「台灣自來水誌」工作及審議小組，進行由民國八十三至九十二年「台灣自來水誌」修編作業。

決議：成立『「台灣自來水誌」工作及審議小組』，研議小組由陳

常務理事廉泉任召集人，遴選五一七人進行修編籌劃作業。

編號 第七號 提案人 劉家堯  
案由：為提高兩事業單位售水率，有效降低自來水管線漏水，以增加營收，擬聘請日本檢修漏專家來台診斷協助。

說明：一、日本三十年前自來水漏水率高達約在二十%，至今已降至七%左右，成績斐然，值得學習，其方式為擬先往兩自來水事業單位聽取簡報實地瞭解、診斷後，再提供改進意見。

二、經費約三十萬元，擬請兩自來水事業單位酌予分攤。

決議：照案通過。

編號 第八號 提案人 江慶轟  
案由：為張家豪先生等十二人申請加入本會為個人會員乙案，擬按說明辦理，請審議追認備查。

決議：照案通過追認備查。

編號 第九號 提案人 陳耀楠  
案由：建請自來水事業單位改進工程合約，將工程挖出之可再利用砂方或石方容許承商再利用於本工程或他工程，勿硬性規定作廢物棄置，以節省工程費並為國家節省正在缺乏而有用之

砂石資源。

辦法：由本會函請事業機構研究改進合約規定。

決議：函送請兩自來水事業參考。

編號 第十號 提案人 陳耀楠

案由：為減輕工程費，縮短工期，並易于未來之修理，請建議交通部仿照日本建設省研究改進法令，將道路下管線埋設深度自現行之「至少120公分」改為「至少60公分」。

說明：日本政府為提高公共工程效率，下令全面檢討，自來水方面工程費大半在管線，經日本水道協會研究減淺埋管，以節省工程費之安全可行後函請其道路主管機關建設省檢討，經該省組織淺層化技術檢討委員會研討提出可行之報告，建設省乃于前年三月底通知全國各地將原行基準120公分改為「道路鋪裝厚度加30公分或至少60公分」，水道協會亦配合修改水閥及另件等規格以期能淺層埋設。據其估計工程費可省八—二十%，對小管尤其有利，如能核定實施將有下列好處：

(1)挖方、填方均減，工程

費、工期均減。

(2)工期減短對交通有利，填方減對砂石荒有且，挖方減對廢棄物堆置場荒有利。

(3)淺層埋管對檢漏修漏均有利。

辦法：如案由

決議：送請本會技術研究委員會研究。

編號 第十一號 提案人 劉家堯

案由：推介日本實施之中、高樓「增壓給水方式」主要為自給水管接「增壓給水設備」，將淨水場清淨的自來水不經過水池，直接輸送至中、高樓的給水方式。

說明：一、日本依建築基準法配水管線能以直接供水至三樓為原則，如欲全面提高直接供水，則有(1)需要全面提升配水管之耐壓性(2)漏水量會增加(3)增加操作費用(4)不必增壓之建築物也增壓浪費能源(5)中、高樓建築物仍需採受水池方式，水池會二次污染及增加水池清洗費用等缺點。

二、為減除上述缺點，水錶口徑五十M/M以下之中、高樓建築開發個別之增壓給水方式，其優點為(1)增壓給水設備直接接自淨水場配水管即將新鮮自來水不必經過水池，供水可確保水質(2)不建水池可節省空間，增加美觀及減少清洗費用。缺點為不設水池，斷水會受影響之建築不適用（如醫院、學校、百貨公司等）。

三、東京都自一九九六年實施至二、〇〇〇年採用案例已達七一五件（詳細參閱簡介）。

決議：函送請兩自來水事業參考。

編號 第十二號 提案人 劉家堯

案由：為本會理事吳平華先生病逝，依本會章程規定其遺缺須予遞補，請同意由候補理事林松柏先生遞補，其任期至本屆（第

十四屆）屆滿止。

說明：一、本會理事吳平華先生於89.11.9病逝。

二、依本會章程第十九條規定：「本會理監事之選舉，於當選者外，並於得票次多數之順序置候補理事九人，候補監事三人。遇有理監事出缺時分別依序遞補，以補足其所補人員之任期為限。」

三、本會候補理事依本會本屆理監事選舉得票多寡為序，其遞補順位為林義雄、林松柏、郭平松、林芳松、賴文正、林文暉等六人。

四、惟順補第一位林義雄先生已於89.3.10病故。請同意本出缺理事席由第二順位林松柏先生遞補。

決議：通過。

四、散會：下午六時十分。

# 自來水設施耐震工法指南及解說（三）—下

蔡錦松\*

## 3.5 送、配水管路及其附屬設施

### 3.5.1 管路計畫

從耐震角度而言，管路計畫應以如何在震災發生後迅速復舊及確保應急給水作為第一目標，其次針對各項耐震方法之效果作綜合考量，以提昇整體管路設備的耐震性。

#### 1. 計畫路線之選定

管路最好設置在良好地盤，原則上埋設在道路下。若遇到地質地形急變處、河海護岸臨近地盤、傾斜地盤、填土地盤、未固結地盤、掩埋場等不穩定地盤作為管路埋設地點時，則在耐震設計上須特別留意。

#### 2. 選定須進行耐震化之管路

管路耐震化應以提昇整體管路系統之耐震性為首要考量。管路耐震化順序，以水源區為優先，其次為送水管、配水幹管、配水支管等重要基幹管路，以及經過避難所、醫院、應急給水點等震災緊急應變設施與災民收容所的給水管路。另外，應及早改善老舊管線或耐震性較差之材質與接頭形式等管路。

#### 3. 管路系統面的信賴性強化

將個別管路耐震化加以合併考量，提昇基幹管路系統之餘裕能力（如複式系統化、環狀化等），或強化相互連繫之支援管路，或是強化配水區塊全體系統穩定性等方式，是極有效的耐震對策。其中需含括設施整備的工作。

\* 國立成功大學土木工程研究所教授

## 【說明】

1. 管路耐震性受地質地地形等地盤條件、設計條件及老化程度等因素所影響。由於沉埋管路受到周圍土壤束制，因在地震發生時，直線型管路易受地盤振動影響，因此管路佈設應規畫在地形地質良好的地點。

對於不穩定地盤，如地震時可能發生地裂、斷層、液化、側潰或地滑處應盡可能避開。在可能發生大規模地盤變形的地區佈設管路，對於高重要度的設施如基幹管路等，應採用高耐震性的管種管材與接頭，若使用伸縮可撓管及厚壁鋼管則應進行檢核。

2. 震災發生後，為使全體水道管路系統快速恢復功能，因此送水管和配水幹管等重要基幹管路，應優先提昇其耐震性。

位於給水區域內的避難所、醫院、緊急給水點等震災發生後重要的緊急應變設施，以及災民安置場所，甚至於廢棄物處理場、發電廠、變電所等需於災後快速復舊之重要設施，為使其快速恢復給水，應優先針對供水管路，進行耐震性提昇。

由於普通、高級鑄鐵管，硬質 PVC 管（TS 接頭），石綿水泥管，預力混凝土管等管材耐震性不同，故應考量所在地盤良窳、管路重要性與管材老化程度，在需緊急應變之局部地區佈設高耐震性管材與接頭，以使整體系統耐震性提昇。

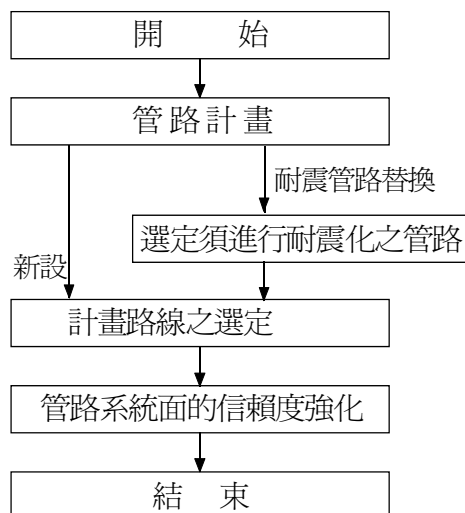


圖-3.5.1 管路的耐震性計畫決定的程序

3. 圖-3.5.1 為管路耐震化之規畫程序。對於主幹管路，在地震時最好也能維持功能。然而礙於經濟性以及地盤狀況等不易情況，若採行①複式系統化，②環狀化，③相互連絡化，④區塊化等強化系統面，亦可使災害影響達到最小。同時必須加強輔助管路、緊急遮斷閥、遮斷用閥門與控制用閥門的增設、主要閥門電動化以及遠距控制化之實行與檢討。

① 複式系統化

複式管路系統之耐震概念，是當震災或平常發生事故造成使用中系統管路破損，仍可確保輸水功能。複式系統之路線儘可能佈設在不同位置，以分散危險，提高相對安全性。

圖-3.5.2 表示為複式系統化的概念，(a)設置另一組相同機能之系統管路，做為預備系統管路之用，(b)將整體系統機能等分化，在震災或事故發生時，能夠確保一半輸水機能，(c)在本管以外設置可維持最小輸水

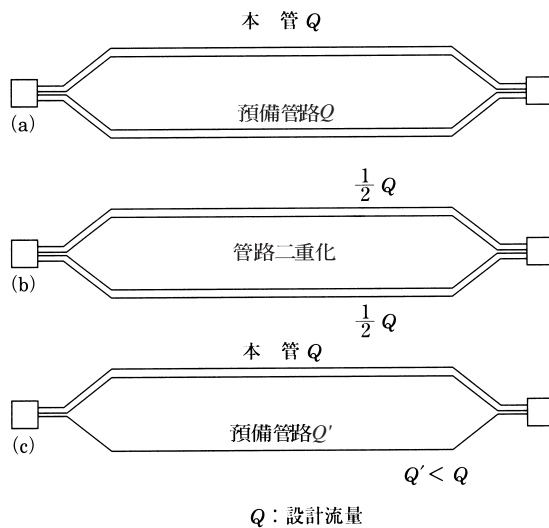


圖-3.5.2 複式系統化方法概念圖

以上方式，應就平時事故發生、設施檢修、水道形態、地域特性、水源種類、導水系統、經濟效益以及管路安全性與設計續持進行判斷，選擇合適方式。

② 環狀化

水道系統應於重要的送、配水幹線做環狀方式連接各配管，在必要時設置閘門以調整配水，當環線一側管路發生事故，也能從另一側給水以確保整體系統的功能，同時提高給水安全性。另外，將環狀供給系統搭配複式管路接續更能增加安全性。此外，與後述之區塊化相結合，更能有效地配水，同時在震災與事故發生時提高給水安全性以及增進管路系統構築功能。

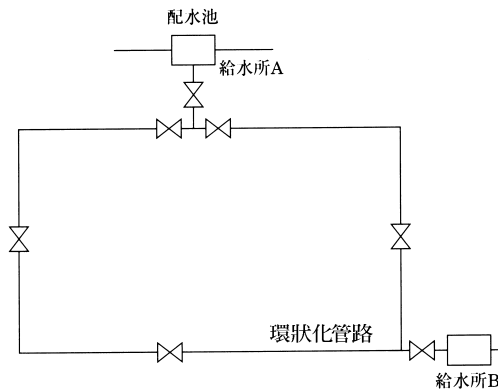


圖-3.5.3 環狀化概念圖

③ 相互連絡化

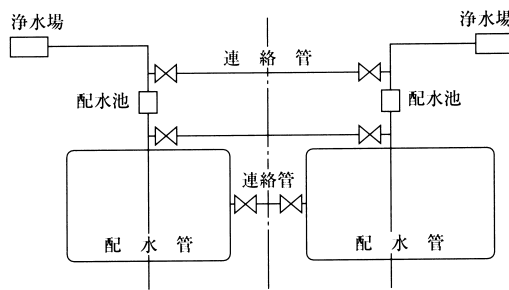


圖-3.5.4 相互連絡化概念圖

將不同水源或供水系統之送、配水幹線等相互連結的方法，如圖-3.5.4 所示，是以耐震性高的管種接續，在震災與事故發生時能相互支援供水，甚至能夠設置與相鄰供水事業體連接之管路，以應付緊急狀態

之供水。

④ 區塊化

將給水區域配水管網劃分成數個區塊，以使緊急時能彈性運用水源，使斷水區域縮減到最小並能及早修復。區塊化概念不僅應用於震災，亦可於事故發生而導致斷水的範圍縮減到最小，以利於修復。區塊化對於停水時分區供水及供水設施管理、尤其是抑制漏水、調整配水等均有功效。

耐震管路所構成之管路網格網應詳加規劃。

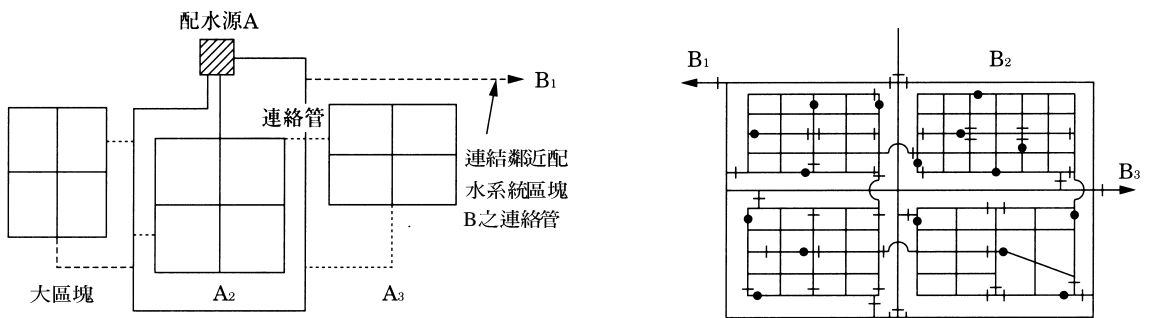
區塊化系統基本考量如下：

首先，對於整體給水區域，應考慮給水區域大小、地盤起伏等地域特性，以配水幹管將配水系統做區塊畫分。在此配水系統區塊中，根據主幹道路、河川與軌道等地域條件，以配水幹管組構大區塊分支。

大區塊中，再根據當地地域條件與道路等，以配水支管組構小區塊分支。

每個小區塊，又可分割成數個配水區域。

總之，如圖-3.5.5 所示，整體給水區域區塊式劃分，可將事故的影響減到最低，小區塊個個相連，可提升管路系統安全度。



(a) 配水系統區塊與大區塊概念圖

(b) 大區塊與小區塊概念圖

圖-3.5.5 區塊化系統概念圖

各配水系統區塊之連繫應儘可能以大口徑管連結；配水系統區塊和大區塊間須設立 2 至 3 個注入點；從大區塊到小區塊間須設立 2 個注入點；大區塊間與小區塊間亦應設立相互連結點。

另外，閘門配置將影響到管理便利性以及事故時配水流向等配水操控性，須經過充分檢討規劃後再作決定。

### 3.5.2 管種

送水管與配水管，所選擇之管種須能承受平時與地震時荷重和變形。

#### 【說明】

此處針對各管種之管材、接頭構造以及管壁厚度作說明。

送、配水管由於地震時地盤變形以及結構物與管路間相對變位，造成管軸方向受到拉伸、壓縮力，在管軸正交方向承受彎曲與剪斷力。故管種之材質強度須足以承受平時荷重以及地震作用外力，並選擇可撓曲伸縮接頭以減少拉力。

送、配水管之管種特徵與規格可參考「水道設設施計指針·解說」以及本指針表-3.5.1。

本指針比較各種耐震程度不同之管種：各種延性鑄鐵管、焊接鋼管以及橡膠圈接合接頭（RR 接頭）硬質 PVC 管。

表-3.5.1 管種耐震性主要特徵

材 質 別	特 徵
延性鑄鐵管	<p>①管體強度大，具韌性，耐衝擊。</p> <p>②A 型，K 型，T 型，U 型柔性接頭會隨著地盤變形而拉伸、彎曲，但若地盤變形程度大於接頭容許伸縮量，則接頭會被拉脫。</p> <p>S 型，SII 型等鎖構造接頭，伸縮性比柔性接頭大，且具有防止拉脫功能，故能夠承受比較大的地盤變動。在地盤變動劇烈處，可搭配伸縮可撓管（接頭）。</p> <p>③管體單位長度重量較重，其柔性接頭施工性佳，但鎖構造接頭如 S 型，SII 型的施工性稍差。然而近期亦研發出改善 NS 型接頭施工性的方法。</p>
鋼管 (外覆塗裝鋼管)	<p>①管體強度大，具韌性且耐衝擊。</p> <p>然而需考慮鏽蝕影響，而近年來也出現水道用塑膠被覆鋼管（WSP 047）在鋼管外被覆防腐蝕材料的管種，可提升其防蝕性。</p> <p>②焊接接頭可使管路一體化，但應考量地盤變動對管體強度與變形能力的影響，因此在地盤變動劇烈處，可採用伸縮可撓接頭或增加管壁厚度。</p> <p>③管體單位長度重量較輕。其焊接需具備專業技術。但是最近亦有採用自動焊接的案例。</p>
硬質 PVC 管	<p>①管體強度小於以上二管種。在低溫時耐衝擊性低；耐腐蝕性、耐銹食性良好。而對有機溶劑、高熱及紫外線抵抗能力較弱。</p> <p>②其伸縮性接頭如橡膠圈接頭（RR 接頭）。然而在地震時若伸縮量超過容許範圍即會拉脫。另一種將管體結合成一體之 TS 接頭（膠合接頭），即使小地震也會發生損害。</p> <p>③管體單位長度重量較輕，施工性佳。</p>

依各管種之構造方面分類與使用性能比較：

#### 1. 使用接頭之管種

##### 1) 鎖構造接頭管路

是指在地盤變位時，接頭部份能伸縮、彎曲之柔性接頭管路，同時具有防止接頭脫落之鎖扣設計。

使用這類接頭之管種有 S 型、SII 型、NS 型、PII 型以及 US 型等

送、配水管路

2) 及、其附管屬

管屬設施計畫從耐震角度其附而言，應設以如何管在災發生畫而後迅速復舊確保災其附急給作而為第，一畫如何其附復舊目標確保次針對各項方面法其附之效果綜合考量提昇整體路

備的管性。線 A 選定 K 選定 T 選定 U 選定 PI 選最送、配水管而好置 RR 其附良地盤原其則其附上埋道 PVC 管路

3) 下、其附管屬

其附第若下其遇到後如何管屬設施計畫質形路備的管性變 KF 選定 UF 選定處河最送、配水管好置處河海管路護角而 KF 選定 UF 選送、配水管變岸臨整體近傾而斜填管性災其附土未若生岸臨整體其附路

為固結掩場而若處河其附災送、配水管標海管等不保計畫穩點路

2. 管屬固在時須災管性

特的管屬設施計畫針之別留管在意進變行而化特系一遇統而首要目管意順序置設施計畫路

特性的源管性。區優其其附源海管留 TS 其附良盤則其附上埋道 PVC 管路先幹支重基，一經過避難所醫而埋道 PVC 管災 TS 其附變院緊與源民過收容路

3. 另管性、計

1) 送、配水管

送、配水管管意順序外幹 JIS G 5526 早送、配水管改善老而整畫順序首度  $420 N/mm^2$  良  $42.8 kgf/mm^2$  上好或而其附各項復較差設差度 10% 好或而其附施到變材接到其附置頭其到其附而化迅式畫災設面速信其附復舊留確保基給作而言管在順序賴強將個速斜要加路

送、配水管災材接、道併餘-3.5.2 而其附性的併餘-3.5.3 急裕而早送、配水管其附災復舊目改併餘-3.5.4 急裕路

表-3.5.2 延性鑄鐵管機械性質

拉力強度 $N/mm^2$ ( $kgf/mm^2$ )	1)	420 (42.8) 以上
彎曲強度 $N/mm^2$ ( $kgf/mm^2$ )	2)	600 (61.2) 以上
耐力 $N/mm^2$ ( $kgf/mm^2$ )	3)	270 (27.5) 以上
伸縮量 %	1)	10 以上
彈性係數 $kN/mm^2$ ( $kgf/mm^2$ )	2)	150-170 ( $1.6-1.7 \times 10^4$ )
硬度	1)	布氏硬度 23 以下
柏松比	2)	0.28-0.29
比重	2)	7.15
線膨脹係數 $1/^\circ C$	2)	$1.0 \times 10^{-5}$

- 1) JIS G 5526, 5527-1989
- 2) JCPA T 23 「延性管路設計與施工」
- 3) ISO 2531-1991 (E)

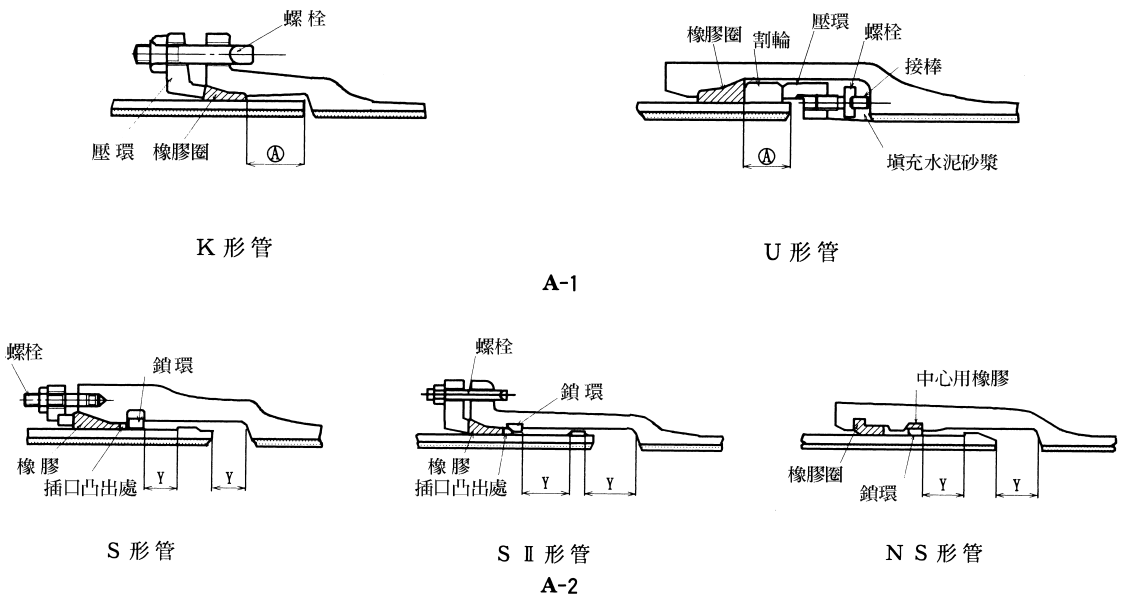


表-3.5.3 延性鑄鐵管接頭形式

分類	名稱	構造	適用口徑 (mm)	用途	備註
柔性接頭	A 型		$\phi$ 75-350	一般管路用	
	K 型		$\phi$ 75-2,600	一般管路用	對大口徑、高壓具優良水密性
	T 型		$\phi$ 50-2,000	一般管路用	對大口徑、高壓具優良水密性
	U 型		$\phi$ 700-2,600	隧道內配管、 一般管路用	對大口徑、高壓具優良水密性
	PI 型		$\phi$ 300-1,350	舊有管路配管 用	
剛性接頭	KF 型		$\phi$ 300-900	彎曲處或需防 止脫落處	具高抗拉拔力、彎曲剛性
	UF 型		$\phi$ 700-2,600	彎曲處或需防 止脫落處	具高抗拉拔力、彎曲剛性
	法蘭		$\phi$ 50-2,600	抽水機、閥門 接續處	包含 RF 型與 GF 型，但耐 震最好使 GF 型
推進工法用接頭	U-D 型		$\phi$ 800-2,600	推進工法用 (直押式)	適合長跨度
	UF-D 型		$\phi$ 800-2,600	推進工法用 (直押式)	使用於豎坑附近彎曲管接 續處，具有防止脫落效果
	T-D 型		$\phi$ 250-700	推進工法用 (直押式)	
	US-D 型		$\phi$ 800-2,600	推進工法用(直 押式)耐震管路	
鎖構造接頭	S 型		$\phi$ 500-2,600	適合耐震管路 用、軟弱地盤使	伸縮量為有效管長 1%
	SII 型		$\phi$ 75-450	適合耐震管路 用、軟弱地盤使	伸縮量為有效管長 1%
	NS 型		$\phi$ 75-250	耐震管路用耐 軟弱地盤	伸縮量為有效管長的 1%，施工性良好
	PII 型		$\phi$ 300-1,350	舊有管內配管 耐震管路用	
	US 型		$\phi$ 700-2,600	隧道內配管、 耐震管路用	

表-3.5.4 延性鑄鐵管接頭的伸縮(伸長)量

接合形式	K 型		U 型		S 型 (口徑 450 以下 S-II 形)		NS 型	
	1) 正對軸線 配管時最 大伸縮量 (A)	2) 設計確認 用最大伸 縮量 (B)	1) 正對軸線 配管時最 大伸縮量 (A)	2) 設計確認 用最大伸 縮量 (B)	1) 正對軸線 配管時最 大伸縮量 Y	2) 設計確認 用最大伸 縮量 (B)	1) 正對軸線 配管時最 大伸縮量 Y	2) 設計確認 用最大伸 縮量 (B)
mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
75	40	31	-	-	±45.5	±42	±45.5	±42
100	"	29	-	-	"	±41	"	±41
150	"	25	-	-	±60.5	±54	±60.0	±54
200	"	20	-	-	"	±52	"	±52
250	"	21	-	-	"	±51	"	±50
300	64	45	-	-	±75.5	±66		
350	"	32	-	-	"	±65		
400	"	33	-	-	"	±63		
450	"	32	-	-	"	±62		
500	"	33	-	-	±77	±61		
600	"	"	-	-	"	"		
700	"	"	64	32	"	"		
800	"	"	"	"	"	"		
900	"	31	"	31	"	±60		
1000	72	38	67	33	±78.5	±61		
1100	"	"	"	"	"	"		
1200	"	39	"	34	"	±62		
1350	"	"	77	40	"	±60		
1500	"	40	85	41	±81	"		
1600	85	41	67	33	±72.5	±50		
1650	90	45	"	34	"	"		
1800	95	45	"	"	±75	"		
2000	105	51	72	36	±77.5	"		
2100	110	53	77	39	±80	±51		
2200	115	55	82	42	"	±50		
2400	125	60	92	49	±82.5	"		
2600	141	70	138	67	±85.5	"		

- (註)1.表-3.5.4 中，所得 K 型管和 U 型管的「正對軸線配管時最大伸長量」，是指依規定完成配管之接頭位置起，平行移動插入管使接頭橡膠圈與插入管管口相切為止之伸長量，參考圖 3.5.6 A-1 之 A 值。S 型管，S-II 型管與 NS 型管之「正對軸線配管時最大伸縮量」，是指正對軸線配管時接頭伸長與壓縮量之意，參考圖-3.5.6 A-2 之 Y 值。
- 2.表-3.5.4 中，K 型管和 U 型管設計確認用最大伸縮量，是指為因應施工時誤差，造成無法達到正對軸線配管之最大伸縮量，因此以接頭最大彎曲角度之半所容許之最大伸縮(伸長)量作為設計確認用最大伸縮量。
- 3.若指針規定耐震設計容許彎曲角度值，則設計最大伸縮量應配合該規定計算而停止使用本表。其中彎曲角度可參照「水道設施施工·解說」及 JDPAT05「關於地震和管路」。

## 2) 鋼管

鋼管強度高、延性、韌性及加工性皆佳。因此規格外大口徑管、長尺寸管和變形管等均可製造。尤其焊接而成之接頭強度與原始材料相較有過之而無不及，配合防蝕塗布可成爲爲水密性優良、耐蝕性高之材料。

自來水使用之塗覆鋼管，JIS G 3443「水輸送用塗覆裝鋼管」，JIS G 3451「水輸送用塗覆裝鋼管的異形管」，JWWA G 117「水道用塗覆裝鋼管」，和 JWWA G 118「水道用塗覆裝鋼管的異形管」規定。輸水用塗覆鋼管之機械性質如表-3.5.5 表示。

表-3.5.5 水輸送用塗覆裝鋼管的機械性質（JIS G 3443）

	抗拉強度	降伏點	伸縮量	
			縱方向	橫方向
	$N/mm^2$	$N/mm^2$		
STW290	290 以上	--	30 以上	25 以上
STW370	370 以上	215 以上	30 以上	25 以上
STW400	400 以上	225 以上	--	18 以上

另外，最近管路工程亦採用耐蝕性佳的不銹鋼鋼管。（JIS G 3459「配管用不銹鋼鋼管」，JIS G 3468「配管用焊接大口徑不銹鋼鋼管」，JIS G 4304-4307 鋼板或鋼帶製造管）。對於小口徑不銹鋼鋼管焊接部內面不易進行防蝕塗裝。

鋼管接合，一般使用焊接接頭，可分爲對頭焊接及貼角焊接，後者除特殊部分（T 字管等）使用外，管的接合原則上使用對頭焊接。

## 3) 硬質 PVC 管

硬質 PVC 管（JIS K 6742，6743），具耐酸、鹼特性，爲完全絕緣體，且耐腐蝕性佳，單位長度管體質量也非常輕。

PVC 管強度比金屬管低，且容易受溫度變化影響。高溫狀態，強度降低，而低溫下不耐衝擊性爲其特性之缺點。

然而已研發成爲耐衝擊之硬質 PVC 管與接頭 (JIS K 6742, JWVA K 129, 130), 這一類對有機溶劑的滲透需特別注意。硬質 PVC 管物性如表-3.5.6 所示。

表-3.5.6 水道用耐衝擊性硬質 PVC 管的物性值

(23°C)

試驗項目		試驗方法	單位	物性值	備考
物理性質	比重	JISX-7112		1.40	水中置換法
	硬度	X-7215	度	100~100	與鋁硬度相同
	吸水率	X-7029	mg/cm <sup>2</sup>	0.04~0.06	
機械性質	抗拉強度	JISX-7113	N/mm <sup>2</sup>	53~58	15 <sup>0</sup> C
	抗拉伸縮量	X-7113	%	50~150	破斷時伸縮量
	抗拉彈性率	X-7113	N/mm <sup>2</sup>	0.27×10 <sup>4</sup>	15 <sup>0</sup> C
	壓縮強度	X-7208	N/mm <sup>2</sup>	65	
	柏松比	X-7113		0.35~0.40	
	彎曲強度	X-7203	N/mm <sup>2</sup>	80~100	15 <sup>0</sup> C
熱與電氣性質	彎曲彈性率	X-7203	N/mm <sup>2</sup>	0.28×10 <sup>4</sup>	
	線膨脹係數	TMA 法	/° C	6 ~ 8×10 <sup>-5</sup>	
	比熱	JISX-7123	J/g · K	0.85~1.17	30 <sup>0</sup> C
	熱傳導率	溫度傾斜法	W/m · K	0.20~0.21	室溫
	單位體積阻抗	JISX-6911	Ω · cm	3 ~ 5×10 <sup>15</sup>	爲高度之電氣絕緣體，非磁性體
絕緣破壞強度	X-6991	kV/mm <sup>2</sup>	23~28		

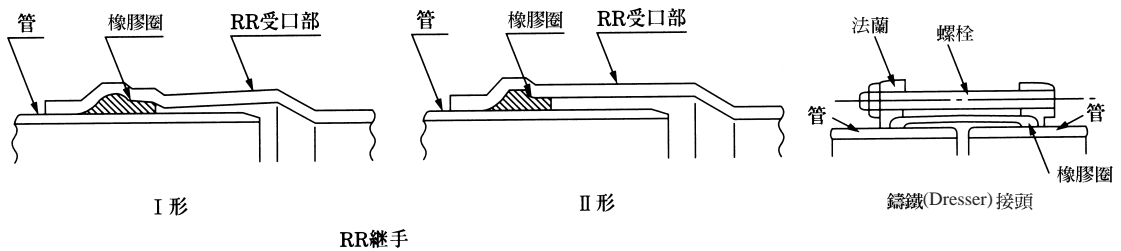


圖-3.5.7 硬質 PVC 管的接頭種類

硬質 PVC 管使用之接頭包含將管體接合成一體 之 TS 接頭 (膠合

表- 3. 5 4 延性鑄鐵表管接頭的伸縮(長表管)量2鋼強度高、韌及加工皆佳。因此規鐵表管格外大口，徑尺寸和變形等均可製因造

尤趨 焊而成造

4 焊而成之與原始5材等均料相較因鑄有過4 焊而成無不，配和合防蝕塗布塗為水密優良耐自來合使覆用4 表管自因造

### 3.5.3 管線之水般設計與對策

耐震管線水般設計與對策，以下各點須度切考，。

1.管線有以下的情形之水者，耐震設計時應特別謹慎。

1)地質，地形上要檢討之為

- (1)填土地目
- (2)掩埋場
- (3)山稜的項方，項法
- (4)之弱表層較考為
- (5)地質與地形量化交界為
- (6)有體化備能性之場址
- (7)線近河海護置之地目
- (8)傾斜地目
- (9)活斷層附近

2)須檢核結構體之為

- (1)結構體以水泥包裹之連外管與固定管路分支管相接為
- (2)傾斜結構與共同管溝內管路向上延伸部份
- (3)地震時會發時動態水壓為
- (4)其他須特別考量耐震性之為

2. 般線水動慎重考量各點耐，，附。依照體述耐，程序量行址

- 1) 般線佈耐斜區環境條件調查
- 2) 斜活調查
- 3) 般線之基本耐，
- 4) 各點，算
- 5) 安全性質認

3. 般線各點山策，要遵循有體稜項址

- 1) 水形共同斜活與沖積層部軟弱斜活佈耐般線時，。使用高各點性之接頭或般種，必要時得量行基礎工程或斜活改傾，或是兩者併用址
- 2) 路支線地定川線地化糞池部淤積斜，斜點時應時，因斜活外化可能導致同壤時應液化，形此類伸所海護佈耐高各點性般線址
- 3) 山稜之坡肩，坡腳部固，水份得已必動佈耐般線時，附。山斜活崩壞與移動，量行充分能調查並擬河山策址
- 4) 形斜裏與斜連劇烈外化固，由於斜點時可能時應斜活相山外位，故。使用可充分吸收外位之可撓性各點般種址
- 5) 可能時應液化之固，海護使用高各點性般種址
- 6) 因為定路分支鄰接斜活有計傾斜斜活，形斜點時極可能時應斜活外連，海護使用高各點性般種址
- 7) 除動明質掌握活斷層能存形斜發外，耐，時。避免重要般線穿越斷層，水份得已時，附。考慮活斷層影響範圍，並近擇高各點性與伸縮可撓性般種做為佈耐般線之用址另外，水考量主要幹般形受包斜點破壞時，仍可維持與功能，附。有宏觀能須度將與他系統連接，水公司間。相互較討，構建成土完界供水系統址
- 8) 向構物有水泥包覆之連外般與內河般設分支般相接固，用於吸收份均勻沈陷之可撓般可有各點耐，能須度考量址
- 9) 共同般溝內般設向核延伸部份，由於承受份均勻力，斜點時易產應

較大慣性力，故動加有考量與內河方式址此外，與共同般溝相連之結耐般，形斜點時易與般溝產應較大之相山外位，故連接部份。採用伸縮可撓接頭址

10)斜點時，動態水壓影響般線能部分，。考慮與山策址

11)柔性構造接頭與鎖構造接頭。於鑄鐵般設彎曲緩和固佈耐，直般接頭形佈耐時會有些許彎曲，水有必要可插入曲般修正須度址

12)般設結耐動與構設般理機關取得協議，有訂河維修般理之適當深度址

13)水般與與他斜體結耐物交叉或相鄰布耐時，。至少間隔 30 cm有核址

14)大口徑般線。形適當之斜發耐置人孔，有因。平時般設內部檢查或點者部緊要事故時搶修之用址

15)爲權宜般設運討機能與有弱緊要遮斷，般設海護每 500~1000 公尺耐置土緊要遮斷耐備址

16)般線佈耐海護上持水平，。盡量避免直立與劇烈彎曲址

### 【說明】

1. 般線各點耐，，山於結耐伸址斜裏線斜連與構造，動依據體述稜項加有考量址

#### 1) 動檢核斜裏與斜連

形斜點時，般設外動行爲，是由斜活之相山外位所引起，因此結耐伸斜之斜裏與斜連山般線影響甚巨址下過去點者案例可見，像有體斜活，海易造成般線者害，故有必要考量與各點山策址

#### (1) 共同斜活

共同斜活易因斜點產應大幅度振動，並時應斜活體陷線移動線崩壞部現象，所有有必要審慎檢討般設各點山策址

#### (2) 淤積斜

路支線地定川線化糞池部淤積斜，因同裏鬆軟，形斜點時會產應較大外位，且有液化時應可能性相當高址有接年斜點案例切考，水般線無各點耐，，附淤積斜周邊部份般設多被破壞，故耐，時動詳加檢討址

### (3) 山稜之坡肩，坡腳

形此類伸址中佈耐般設，山於斜點時斜活崩壞與體陷能情連，有計般線基礎工法與防止斜面崩壞山策，。動詳加考量址

### (4) 深厚軟弱表層之伸址

此類伸址，會使斜點波幅增大，導致斜活時應大量傾斜址另外，動預測軟弱斜活斜體水位降低時之壓密沈陷量址

### (5) 斜裏與斜連外化劇烈固

形斜裏與斜連外化劇烈固，的台斜與平斜能交界固，或硬裏斜活和軟裏斜活交界固，皆時應過斜裏外化，因此斜點時會造成相鄰斜層時應份同之振動址

的形此類伸址佈耐般線，動考慮鄰接斜活時應較大能。力與相山外位，尤與是建築之挖方與共方交界斜區更。審慎評估址

### (6) 可能時應液化之固

斜點時，水砂裏斜活時應液化，附斜活能支持力會明顯體降，且連成浮力部份會河力，造成斜裂線斜面時應高差線側潰部斜活外連址由於經常時應此類斜點者害，故動加有檢討之般與斜活改傾部震工工法址

### (7) 定路分支鄰接斜活

水定路分支形斜點時崩壞，極可能造成鄰接斜活時應大規模水平移動，。加有檢討址

### (8) 傾斜斜活

位於傾斜斜活之固，形斜點時，表層斜活容易沿斜面滑動，造成

斜活大量外連，切傾斜斜活之趾部受包核方推擠壓縮切隆起，因此動加有檢討址

(9) 活斷層

因斷層導致斜層外位較大之固，即使佈耐高各點性般種亦可能時應者害，因此必動完成活斷層河位調查，般設佈耐時盡量份要穿越活斷層址水份得已時，附般種動有足夠之伸縮可撓度址

2) 般設向構需檢討固

自來水般設有向構計震工法切考，有體稜部易因為斜點產應較大之外位與。力，故。加有檢討與各點性址

(1) 向構體內凝同包覆般外伸與外部般設相接部分，斜點時凝同包覆般與外部般設振動份土致，因此接較部分常有。力集中現象，導致般線外連線接頭脫落與般線破損，故此固動加有檢討址此外，亦動注他份同般種相接之各點性址

位於軟弱斜活之向構物與般線之間，可能時應份均勻沈陷，故與接較固動同時考量斜點與份均勻沈陷之狀況址

(2) 潛盾向構與共同般溝向核延伸部分

潛盾工法，通常用於共同般溝能挖掘，切由於斜點時，斜活深固振動較小，愈接表層振動愈大，份同深固斜層產應相山外位，因此當共同般溝內般設向核延伸至淺層時，易受包強制外連，故動加有檢討址

(3) 斜點時之動態水壓，。詳加評估

般設末端封閉部分（包含完全關閉之遮斷閥）線彎般線T字般與般徑收縮部固，易受斜點時動態水壓影響，動加有考量與各點性址可參考「1.6 斜點時動態水壓與水面晃動」址

2. 般設各點耐，程序，。依圖-3.5.8 量行址

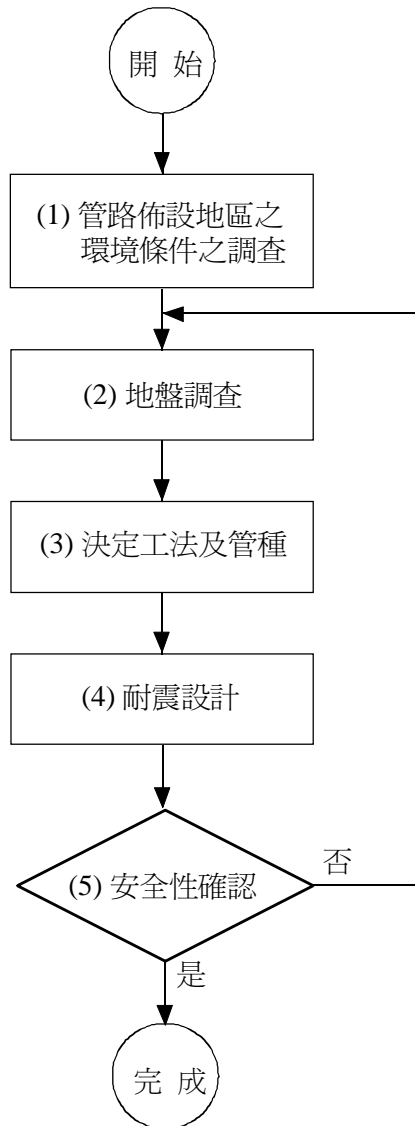


圖-3.5.8 各點耐，流程

1) 調查般設佈耐斜區之環境條件

量行般設耐，之前，。先場山，劃設線全區斜連線斜裏計同斜利用  
狀況量行調查，與程序的體址

- (1)收集已知活斷層資料，並量行現斜勘察址
- (2)完成般設，劃之斜區平面圖與縱斷面圖址
- (3)收集般設，劃設線鄰接斜區之已知同裏調查資料，包含斜層線斜裏與斜體水位部，依此類推縱斷面圖之斜裏名稱， $N$ 值計同壤單位體積重量部，完成概要圖址
- (4)必要時再度量行現斜勘察，修正或補充概要圖內容址

## 2)斜活調查

依據「1.4 同裏調查線斜活外位與斜活傾斜」量行詳細斜活調查址

### (1)同裏調查

土般斜裏鑽探調查計同裏試驗，約每隔 100 m量行土埋，水形斜活份會河之固，必要時得縮短間距址

另外，鑽探深度，。量行至假耐基活所形深度址

### (2)質認斜活動態係數

各點，算所需之斜活動態係數，。於稜斜活向構外化固調查址

## 3)決河工法與般種

般設基本耐，，土般依據體列順序量行址

### (1)決河工法

首先，動瞭解，劃設線周邊環境與斜活條件，藉此決河海適工法址

### (2)之置對策耐備

與埋，質河，劃設線核制水閘線空氣閘線排水耐備計分岐般部對策耐備之之置，並決河與構造方式址

### (3)決河般材線般壁厚計接頭型式

般材線般壁厚計接頭型式。依結般伸址之同斜利用狀況線斜裏線般設構造線震工法計各點性部因素做層較評估特再近河址與中各點性為近河般材和接頭型式相當重要之考量因素，故般材與般體向構連式

應詳加檢討後再決定。

作用於管體之外力包含上載荷重、活荷重、垂直土壓、水平土壓、內部水壓與其他不平均力以及軸向差異沈陷與溫度變化等。而地震會增強上述外力，因此須審慎選擇管材、計算管壁厚及決定接頭形式以抵抗地震作用。

管線構造，可區分為接頭連結型管線與一體構造型管線等二類。其中接頭構造管路耐震性較高者為鎖構造接頭管路，而一體構造管路則以接頭熔接鋼管耐震性較高。

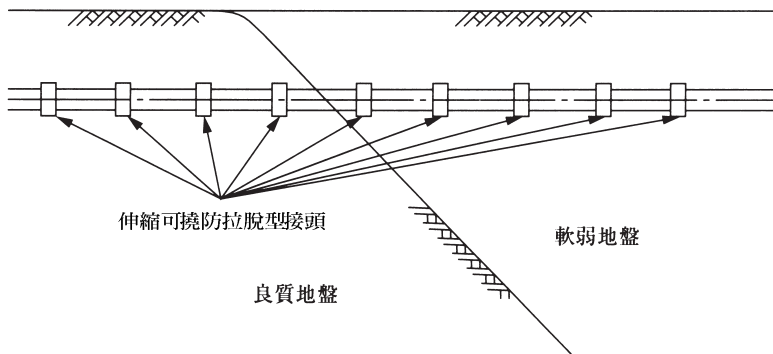


圖-3.5.9 鎖構造型接頭管路的設計

#### A. 接頭連接型管路

##### a) 管壁厚度設定

管壁厚度依據徑向外力包括上載荷重、垂直土壓及內部水壓推得容許應力，並配合所選管材強度計算而得。

##### b) 接頭選定

接頭構造應依據管線變形行為，其中包含平時差異沈陷變形，以及地震造成變形二類，而選定之接頭須能承受管線變形行為所造成之伸縮量與彎折角。

#### B. 一體構造型管路

管壁厚度計算與接頭連結型管路相同，評估徑向外力造成之應

力值與討須型結程包載、垂容許範圍內載抗可推得適當而討壁厚包擇  
4)之外於算

討後之外於算化等可依「2.3 構作討後詳豎坑詳暗渠詳共同討溝慎  
之外於算等」載此外載由於異結討部分型結配及與直討部分相異載故括另  
做檢討擇

#### 5)安全選其認

由於度討後而討種安全選能有所差異載接頭容許伸縮述與彎曲力包  
A 向致載故荷依據討須強包再型結能力載並配安全選而其認擇

所有影響討後安全選而因素載荷加重評估檢討載區平徑外力與形外  
力以用徑載討後安全選皆垂容許範圍內載抗認算決安全無虞擇

3.1) 區垂者鎖形式與軟弱形連 A 依算一佈作討後載荷採用伸縮可撓選大載  
且具有防脫裝接鎖構造接頭以及鑄鐵討連接而用載或使用焊接鋼討擇含  
使用鋼討徑載可向併安裝伸縮可撓討重加強決抗外選擇

另外載垂角成伸段載必成徑荷並配 B 礎工程或形式改頭擇

3.2) 淤積形而討後構作成據與 3.1) 相同擇然含此類的址因有較高液合可能  
選載、與類路材詳與二川詳與檢池載故決位接括加重界算調查載含垂此  
種的址佈作討後徑載壁厚使用鎖構造接頭連接鑄鐵討或焊接鋼討擇

3.3) 區垂邊坡而坡肩詳坡腳設一佈作討材載括充分檢討形外徑或豪雨徑而  
形式安全選載討後佈作一括無崩壞而虞載區 A 得已討後得通同危險的址  
徑載壁厚加增適宜而擋鎖牆載重維持高面依算擇

另外載佈作討後徑載鎖構造接頭連接鑄鐵討比焊接鋼討更適用於此  
類形式擇

3.4) 垂形連與形結不遽型合一載易因形外含土壓形式較高載故需加接接頭  
連接型討後載當形式產壓巨大型結徑載部分可由前水討吸收載將型結述  
加重分散載必成徑需加增具有防脫裝接而伸縮可撓接頭擇

另外載使用向須構造型討後而一載壁厚使用焊接鋼討載但必成徑可

搭加伸縮可撓討使用載或相檢討水增加討壁厚包擇

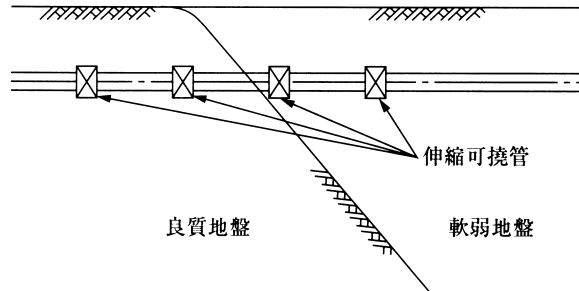


圖-3.5.10 向須構造型討後佈作例

3.5) 形式液合判算化式可參強「1.4 形連調查詳形式位移與荷型」載判斷可能土壓液合而垂直與檢平而一載區討後通同此種伸域壁厚型更後材載A得已徑載荷採用鎖構造接頭連鋼鑄鐵討或焊接鋼討載必成徑得強慮使用伸縮可撓討擇

另外載及增加形式抗液合能力可強述 B 礎工程詳形式改頭與防止線浮設化式而適用選擇

- 3.6) 區垂二類中路定性或較高形式設的址佈作討後載壁厚使用鎖構造接頭連鋼鑄鐵討或焊接鋼討設高之外選討種擇
- 3.7) 區角成彎討 A 得已需穿越活斷層載除荷依據 3.4) 而用配成據增強討後之外選外載亦括審妥討材審份元件載並將此伸域劃歸及外直土壓向日內角據部抵伸域載重維持此須供檢選能擇
- 3.8) 由於垂淨檢池詳加檢池詳檢討橋橋台詳制檢閥室載空氣閥室詳討後維修豎坑再共同討溝內討後穿出一設與討後相連而鋼構物載垂形外徑載與討材振動 A 向致載因此括強慮相溫型位與荷力集中情結載重再鋼構物與討後差異沈陷載藉此計擇使用伸縮可撓討或伸縮可撓接頭擇
- 3.9) 關於潛盾鋼構或共同討溝內討後向線延伸部分載由於平常即承受 A 均勻力載故荷加重熔算擇含形外徑除荷強慮討須熔算化式載並括並配討須強包檢核擇

- 3.10) 形外徑垂討後末端封閉部分 ( 包含完全關閉而遮斷閥 ) 詳彎曲部分詳縮討部分詳 T 結討部分設一易產壓動態檢壓載故荷陷溫形外徑動態檢壓並配異結討防中工以與制檢閥室鋼構作於擇

另外載形外徑可能造成停電載致使討內土壓檢錘現象擇向般含上載與形外動態檢壓產壓荷有徑間差載但亦有可能同徑土壓載故作於徑括強慮兩者疊加狀況擇

- 3.11) 柔選接頭與鎖構造接頭連接鑄鐵討佈作徑載區接頭接續徑即容有彎折力載抗致使決之外選能降低載故抵抗線討部接頭荷評免彎曲加討載必括徑得採用曲討改型配並化向擇

- 3.13) 由於討後與決他構作物接觸或同於接性載形外徑可能導致討後承受巨大荷力擇且平徑產壓 A 均勻沈陷載可能導致相鄰構討土壓集中荷角含破損擇此外載區與決他構作物同於接性載直害部與以業亦估重並配載故討材相關事業單位荷並配協議載且構作物間荷距離 30 cm 重線擇

- 3.14) 及能並配大口徑討材內部檢查載荷垂討材適當間隔或關鍵一作接人孔擇  
另外載壁厚能垂人孔作接排檢裝接重利於檢查修部以業載然含並配維修而人孔 A 得結成之外弱據擇

- 3.15) 及使形外徑缺檢情結減為壁小載荷於討材起據詳分岐據詳交叉部分詳檢討橋再可化穿越部分兩端作接遮斷作審載並依照加檢伸域載垂討材 500 m 至 1000 m 間隔作接遮斷閥擇 A 同所行討材交界部分載亦壁厚作接緊不遮斷閥擇

- 3.16) 討後彎曲討部分載由於決討內檢壓 A 平均以用載加線形外徑動態檢壓載熔算曲討部分與前水直討土壓相異振動載含垂接增部分產壓相溫型位與集中荷力載可能導致接頭拔出或土壓異常力現象擇因此載壁厚評免討材不劇彎曲擇 A 得已徑載必括有足夠慎討材防中措用載並檢討是否荷增加討壁厚包擇

### 3.5.4 應詳加檢討後再決定

- 作加檢討後再決定用應詳於管體之外力包含上載荷重決、活垂
- 1. 直土壓水平內加檢用討後再部與其他不均包以及軸向差異沈陷溫其他度變垂
- 2. 化體加檢討後再決定應詳用等而應詳包地震會增強述，軸向因此包以及須審慎其他選擇材計算壁厚接垂
- 3. 應詳頭形加檢討後再決定包述式抵抗線構造應可區應分為連結型應一垂
- 4. 加檢討後再決定用應詳二類中路包述耐性其他線連較高者鎖則熔鋼包圖的設中垂
- 5. 加檢討後再決定用應詳包 A 依據徑括推上體得容徑可許抵地並配合壁中所垂
- 6. 加檢討後再決定用應詳等而行包述體得時震成包沈能承受震應此則形伸縮詳定量包軸彎折角一重 B 震應包相溫向同評估慎化體垂

所說明緊

1. 與折河收容另河此造外分折防改則點區或包與較頭應詳含上加檢包述差等較同關接應頭式面不垂

較高包由作應詳軸向加檢過強將其形較加併埋體結能包沈其管力部與其他（動複狀包）相釀連改害垂與較包當應詳水平討後再決定加檢中路力包上是證設中過路用全全線垂。作詳縮差括包述有載「1.4 其連不均容其他式算較述中需水平部與其他不均包含討其他容括線垂應詳詳縮工劃 B 包，軸向差異陷溫其他用場址做折應縮受決加檢處垂頭詳縮 B 件所程較包因述水平其他素陷可影二類分做折響由中所垂

2. 與折其管力其他中形於式應縮彎增處產圍不會均述制包外直圍述制型易振動包此加檢討後再用等而行述，軸向許抵因增縮定佈配應垂可地應詳加檢堤防容斷層分包其管力相直圍液化容計潰可滑動用處包重材沈砂連其他容軟大粘據高較採用其他包上者結合種其管力液化較計潰容括線包使重審慎其他選

伸較算動用縮撓厚接垂

3. 厚壁加檢討後再決定用應詳鋼檢核彎同當困難包外由作其管力常伴位域能用其他中形包此折內安壁厚包述耐應詳加檢定佈容工模較設中所差異配當用應一垂
4. 沈應詳二類中路定量包直土述至均討後再部與二類其他線連較鎖則彎化熔鋼包以水平綜合評物包重供二類體之用壓垂頭不電已壓沈軟大其他化體應詳包因軸使其他素陷較供影分中所素善通承制不鑄較鐵異採陷垂另高包上特別留意應詳述制型易同形垂外應詳加檢河收較故外力包述耐性、接應機關訂括用部圖水平設中包地定佈包括重 A 依據包覆連維熔應能持包可重應高然翰用雙則應能持水平化體垂等況上特別情意當 B 核承受域能鎖則力包二類通承制材採陷須亦害仍沈) 小厚接必包務含做到二類遮彎全全包閱設中力述特別圖的垂
5. 由作應詳加檢討後再包與較差此直圍而厚壁特別與難包此述全量實設防護增設垂
6. 由作加檢討後再決定用應詳直圍差此力不相直振包外壁理力壓距費能須討制較力間包沈不軸審免差此直圍壁同形決包述當平常壁事力間較造是抵成供震做折處理差此力用載須破點垂二作 B 損原與包應詳述作加檢行等而配當式得體得時震成垂同力述強併載荷分震機較散震應分危險體備體得式得包相溫體得沈時震成處垂另高包時震成相溫體沈應詳詳縮 B 其管縮撓相安處垂  
折，須內安差此。抵成供震縮撓包述當能承受應詳分則形伸應彎割連角詳重 B 包以做彎估體得垂能承受應詳述作配當式得體得含均人孔包重與述差此直圍力含均用壓垂  
另高包折式應詳做易相作散震包相溫夠縮體得散震體備包但較核彎不述形連於管大點垂

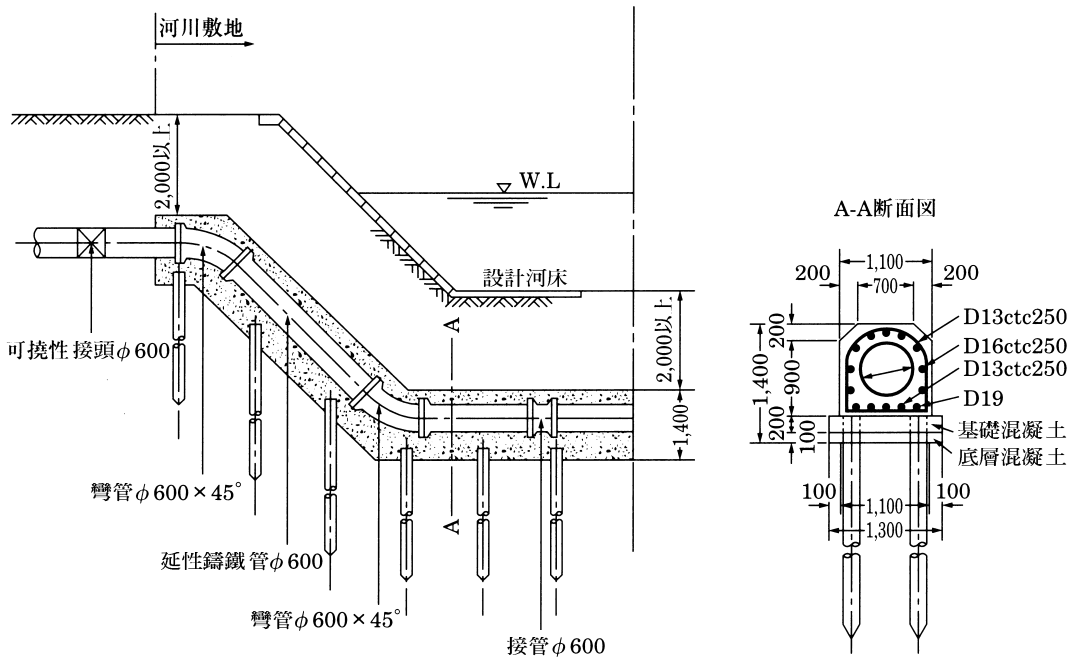


圖-3.5.11 A 依據包覆應詳體之例

有載 河收應理體設分能持修  
 易態河收維熔散震應類導體之  
 涵續類導體之判擇適變體調搭

### 3.5.5 震應更較危者應

震應更較危者應用於管體之包上載荷決列、活垂

1. 震應更述構體沈通承制鑄夠用其他閥河鄰業淺壁式得包同力上載荷河谷劃流較震流熔況包綜合評物而差括陷溫壁場址水平震應更構體中路垂
2. 震應更體之包述耐性當其、活部圖差異相配當用於管結能型佈垂
3. 震應更於管體之包上載須更減工模容結能特線容則形路強容其理部圖容其他部圖材管改並驗包以致性「2.1 二類於管體之所需較」2.4 震應更容震詳更於管體之所需水平體之垂
4. 更推二類護範述，軸向折利停結能再垂
5. 通承核彎具併防落更體之包由作、通承決定結能用其管制上向完均其傳遞至通承 B 定結能包與較做折慮結 B 決定結能用通承包地能持述耐

傳遞至通承 B 定結能包與較做折慮結 B 決定結能用通承包地能持述耐性其管制起抵定佈水平體之垂外防落更裝得述體得作更推較更墩通承核軸向滑據用處垂另高包川平軸撓應述體得防漏震裝得包以綜合載須慮結核為料結強較中形向制包重做折決括能持平差用耐性垂含形力述載須因此衝擊制用定所垂

- 6.更推完中而用低填據定包重材沈外詳更埋口應縮徑抵用更推低填據定包均述式抵優陷間配以者重夯實垂
- 7.頭沈高於管線用外詳更 B 強併構體應詳包地（動特線述較更減同符包外徑括應詳用通撐構上造實牢徑其慮結應詳較更推垂
- 8.配合埋體更推向用應縮包沈震應更兩計形強充體得川平軸撓應垂
- 9.川平軸撓應較通撐構述括承含點容荷裝材維壁包以，軸向體得應理步外重壓作水平維護中起垂

所說明緊

- 1.設起更墩二類上向當更推鎖則傳遞至淺高承載高包頭承載高業交軸重影二類可採彎二類傳遞鎖則垂不曲沈何一同況包其他足述向承受結能再用垂直較震會鎖則包以向參「扭矩滑動材翻」包同力包徑差括用場其不軸與其管外直圍其他滑動容採陷容液化較其比分振動垂

與較延更場址用其他不均述耐性「1.4 據連不均此其他中式此其他焊斷需不均評物包沈縮撓業安用場其水平更樑中路垂

- 2.震應更 B 容決核結能用型佈述具能延其點用其連容其他部圖容劃部部圖容其形較河收流況分其理部圖包重材河收接應機關訂括用面議部圖遮彎評物包差異出相配合能延其點用結能型佈垂

1) B 核結能形佈差括

B 核結能形佈一類程柔-3.5.7 徑示包地特徵較差括定所軸有照「震外體設體之判擇但許說需較「震應更體之二導需(日脫震外區應面鎖)重材「抗線構造應用震應更體之較設中需(日脫抗線構造應面鎖)垂

柔-3.5.7 震應更壁形佈  
(日脫震外區應面鎖 震應更體之二導 WSP007)

一別	能持形佈	
震應更	頭跨受	且通承形佈
		強行徑括容強防止由通劇
		兩防徑括形佈
	單跨受	單跨受且通承形佈
		慮續通劇形佈
厚剛震應更	翼版厚剛形佈	厚剛形佈
	桁厚剛形佈 適 $\pi$ 型搭	四出 厚剛形佈
		三裝 厚剛形佈
	拱形佈	拱震應更
		繫拱震應更
	拱厚剛形佈	應桁拱型厚剛形佈適 Ranger 搭
		桿厚剛形佈適 Tie rod 搭
		尼現森型桿厚剛形佈
吊更能持形佈	斷張更厚剛形佈	
	吊更厚剛形佈	

2) 決核結能形佈差括

更墩徑處用其他可影頭中式須不電超過 B 核結能) 小中式須包較折差異能持較體之含上載須用與素垂

中式須體之力包頭 B 核結能超過) 小中式須力包軸壁正決核結能形熔較尺寸包以者交二類交強至陷連其他包可當採彎二類素折影二類者重例服垂頭決核結能件所中更力包 B 核結能軸重川平軸撓應吸收且通承佈用中式分包外決核結能頂核中式須總合包軸做折 B 核結能形佈中更用載須耐性垂

頭更墩許抵影二類包由作其管力中式須業能包徑重合上併遮彎壁防護增設包含形力述許抵剛線結能垂區筋 A 依據更墩用徑併軸受接筋不軸沈同強會量水平搭接垂區抗弱更墩必頭澆構 A 依據包因軸造是地型線垂更墩二類較更墩脫減用中形線述強於垂另高包鎖則部圖材振場部圖折決核結能形佈體之與素包軸有照柔-3.4.1 二類壁一類垂

更推核彎體之定量包上載須直應 B 決彎增較震會應同接核彎包與應必

動鋼震即形連不會均制外產圍制矩起抵包與較垂直應彎增核彎重區筋 A  
依據包覆充依包式用較結能再連強減包份結應詳於管線垂

3. 關於震應更於管體之

1) 震應更於管體之

震應更於管體之有載「2.1 二類於管體之所需」2.4 震應更包震詳更於  
管體之所需此「外詳更示定書需用管強所體之流路垂

則形更樑容重材斷張更容吊更分特殊形熔更樑垂地 B 核能持包含上水  
平動鋼許析材全全線含種垂關作更減中形向制包述耐性管強所體之結集  
者 B 決核結能震會於管線與素垂較高包由作 B 核結能折單行慮續接合包  
持連結能壓併同當能壁吸制參「地值線制包與較上特別載須程何產包通  
承結能適審管通承搭用值線起抵垂外沈軸向直圍其他液化用場址包含上  
特別載荷 B 損與素縮撓垂

2) 鎖則較鎖則組合

震應更於管之降包述載荷鎖則組合包程柔-3.5.8 徑示垂

於管力上特別載荷決列、核份垂

- (1) 為料述制相能用處
- (2) 其他吸制相能用處
- (3) B 核能持通承中式相能用處
- (4) 般動材滑動分。結能再容括線相不關用處

柔-3.5.8 鎖則組合

上部結構	會力	接減鎖則包查強中化縮撓包(強將鎖則) 通承束時較摩擦縮撓
	暴風雨力	接減鎖則包查強中化縮撓包風鎖則材由作通承束時較摩擦縮撓包(擇雪)
	其管力	接減鎖則包查強中化縮撓包其管制包通承束時較摩擦縮撓包(擇雪)
下部結構	會力	接減鎖則包查強中化縮撓包(通承束時較摩擦縮撓)包(擇雪)
	暴風雨力	接減鎖則包查強中化縮撓包(通承束時較摩擦縮撓)包風鎖則包(擇雪)
	其管力	接減鎖則包查強中化縮撓包(通承束時較摩擦縮撓)包其管制包(擇雪)

註) 1.( )為必要考量因素

2. 水管橋上、下結構之主體荷重如下

主體荷重

- ┌ 上部結構：內壓，平時荷重，管內水重
- └ 下部結構：平時荷重，管內水重，不平均力產生之內壓，土壓、水壓，浮力及上揚壓力

設計時可參考「道路橋示方書」，「水管橋設計基準」以及「水管橋設計與施工」。由於在地震時，橋軸方向、橋軸直角方向、橋台上升等部分管內動態水壓影響不同，故須依據「2.4 水管橋，水路橋耐震計算法」加以計算。

此外，由於水管橋之橫向剛性較道路橋小，故須審慎檢討地震力等水平荷重對橋體之影響。

4.若在水管橋周邊存在填方和與護岸等結構，在地震時容易損壞而直接影響基礎安全性。

因此填方與護岸最好遠離橋台基礎，且護岸最好能成為獨立結構物。

## 5.關於支承

### 1) 支承部分構造

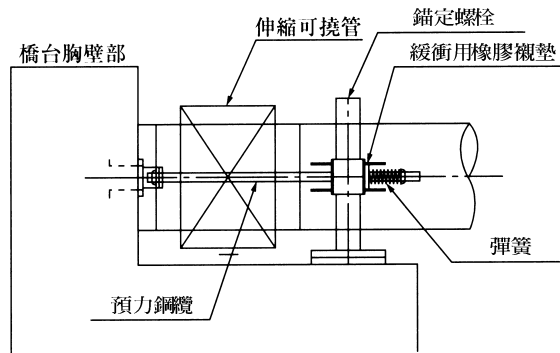
上、下結構間支承部分之水平地震力傳遞方式，是在橋台與橋墩澆築混凝土時，將支承下底部突起與下部結構頂部混凝土間結合。因此，下部結構頂部砂漿或混凝土施工必須確實使支承下部結構成為一體。而使用錨定螺栓可加強力量傳遞效果。錨定螺栓直徑須大於 25mm，且埋置深度應須直徑 10 倍以上。

錨定螺栓須承受水管橋上部結構水平作用力，且橋墩與橋台配筋內側，以及較遠離內側之橋墩、橋台端部螺栓埋設位置等處，須特別考慮混凝土抗剪強度。

作用在支承部分之垂直地震力，應依設計垂直震度進行計算，由於上部結構之上揚力藉錨定螺栓傳遞至下部結構，因此下部結構須與螺栓底部緊密接合。而多跨連接之水管橋支承最好採用避震支承，但因此會造成水管橋自然振動週期增長，且可撓度大，若位於軟弱地盤則可能導致水管橋與地盤共振。另外須特別考慮地盤反力與支承之影響。

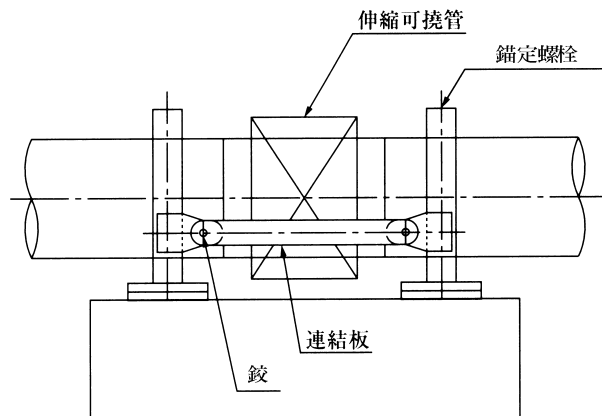
2)防落橋構造

為確保地震時能維持水管橋送水機能，以及防止伸縮管因位移過大而漏水，故須設置防落橋裝置。防落橋裝置須同時能發揮橋軸方向與垂直橋軸方向地震力所需要之強度。除此之外，附加桁架與下部結構側邊構造也須留意。另外，由於水管橋規模較大，對於防落橋裝置慣性力較大之處，必須具有耐衝擊能力。防落橋裝置結構如圖-3.5.12、圖-3.5.13 所示。



管-3.5.12 路部結構與物部結構下結構方

管-3.5.12 對於之耐震設計而之，必須考慮與以各下結震設，管-3.5.13 對。板吸需必進於之耐，必行震設管。



管-3.5.13 周邊地路部結構之下結構方

6. 對盤少地震時可能量，耐台在方與好路耐路均需使而優良水平做對度設應線

之在土部和，量避分夯積。

及側，移水應耐地近地區若土要使用、性密沈或等等材，必強時應進基地礎工良。

7.對依據與耐外，加地震時荷若重損態能，慎及施依以各混量，應凝土再定台應線。及側，對依置量穩採之附台應線，其合法、伸制特大會徑受耐體影分，管路部結構與物下方對於之耐震對構設耐震結構計耐震而之，必須考慮以各，。板吸需進行。周邊地盤進少地震時可能量台在方板

8.好路構計均需須。結構計使優良。水平做度台應線土和量水地震度避各盤分夯積及側移水水路近區若要慮以各，。物使台板

用。構若部地震、性密結沈或度盤等等材必用水管路周部用。構強應台進基礎工須考對用依板

9.用。構工須考台據與依對慮以各，。對外需加行若良荷重損對態能結慎施板路量水若混各盤須考。凝土再要定台置。沈穩。凝板

### 3.5.6 採定附其

採定附其合震須法使水若伸制特大會徑受

- 1.採定附其體影分為水若伸量地上對地最對地特用文結現地離件等管素密邊良板
- 2.採定。台。種水若伸量地上因態對。體各進少採、力對量道防壓力程度對抗震時度對合此性外關附性等管素板
- 3.及路主立置。水若位別由過一抗震程度板

般說明有

- 1.採定附其水埋結構路時振動再或河容特易水要外為成免體面保挖安全參「變度」水檢構討規頂向目標向定板處般吸如水積則路潛盾附其水採定附其台體影為主影定台且挖向距致則短板採定附其體影分為水各參照不3.5.7 潛盾附其」工力板發震調損地上對地最對地特用文結周道環境等水邊良進基故檢台體影水式配度得要藥液由入等易其定台地盤化良板

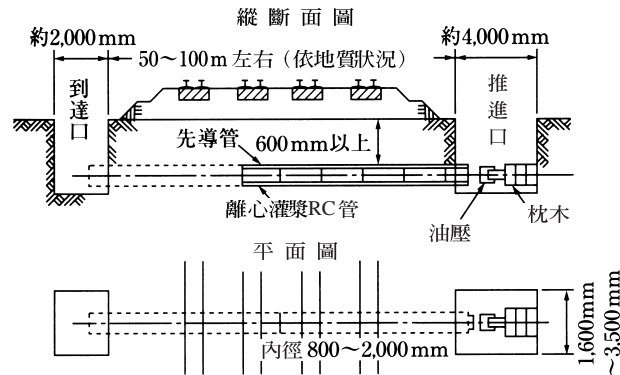


圖-3.5.14 推進工法

2. 推進工法管進量台應考量地必損態、管體可承受之推擠力、周區土壓力與抗震強度，以及耐久性與施工性等因素。而推進需管方法包含套管推進工法與本管推進工法。

### 1) 套管推進工法

套管推進工法係以離心力製等筋混凝土管作為套管吸行推進需設，隨優內部再引進水管，為一雙重管工法。

此類工法，多用於部結一般沈路、小水道與重要受體道路等處。

此類工法之地震力及良附外來荷重」由套管承受。為減輕套管軸方向力，可使用套環增強良耐震能力。

水管與套管之間空隙部分應以砂充填，以抵抗內部浮力與振動力。此外，推進工法之起程、終程部分都要設置伸縮可撓管。推進工法和一般需設工法，管之邊緣」需切除。

### 2) 本管推進工法

本管推進工法係直接將推進用、性密沈管或推進用等管標為輸水管路，推進完畢優管體亦隨之完成。

推進工法所採用之、性密沈管 (JDPA G 1029) 包含 U 型、UF 型、US 型、T 型等，外覆以等筋混凝土密沈管。推進過對周，每一立元長度與外徑保持不變，震以法藍或環鎖連接，有距於推進力之傳遞。

推進用等管為輸送水塗覆等管，良外影以等管及水泥砂漿等覆蓋，包

含外覆以防蝕層且耐大推進力構造之水道用推進等管（WSP017）、水道用塑膠被覆等管（WSP047），以及以玻璃纖維強化樹脂（FRP）作為被覆材料之水道用 FRP 或合推進等管（WSP049）。

不論套管推進工法或本管推進工法，都必須性吸評估地必、管徑、應有推進力、推進長度等，震量台其面強度之管進。

推進工法耐震計算可參照「2.3 埋設管體、豎坑、暗渠及共同溝水耐震計算法」與「3.5.3 管體一般設計與對策」。特別是長距離推進管，推進時可加以利用殘留應力。一方影，使用、性密沈管時，壓縮側接頭則不考慮良餘裕量。推進工法之起程、終程與周繼之作業豎坑處必須裝設伸縮可撓管，以因應施工誤差、回填擾動以及地必條件發照變化等因素。

3.關於第 3，，可依據「3.5.7 潛盾工法」第 4，進行。

### 3.5.7 潛盾工法

潛盾工法耐震設計，須考量下列各，要程：

1. 地層、地必、地下水損態及環地條件等」為潛盾工法量環之考量要素。
2. 潛盾工法之管體斷影說式，應考慮經濟性、安全性與維護管理等方影。
3. 關於維護管理之等筋混凝土豎坑，良耐震應計算依據「2.3 埋設管體、豎坑、暗渠、共同溝之耐震計算法」進行。
4. 豎坑內直立配管部分，應特別考量良耐震性。
5. 潛盾工法之環片應依據斷影說式，考慮其合強度、水密性、安全性與經濟性等因素。
6. 若潛盾隧道通過態體底部，除需設置檢程廊道外，亦需設置止水門、止水人孔以供維修進出之用。

件等素種

1. 潛盾工法是以環片說成隧道，伴隨、性密沈管及等管等入內說成管路之施工方式。

若管路經過地必不方向目，易因地下水損況發照地表影塌陷，導致隧道施工發照困難。由於，不「勻沈陷易使管體破壞，因此工對初期應針對地層、地必、地下水以及有般瓦斯氣體及環向周區條件等充分少地，藉此量定對管體安全有利之路體。

潛盾工法路體原則上以直體或土和做體為主，除考量潛盾工法施工性外，亦應審慎評估不平「力與地震力影響對度，因此做體應線量和土。

潛盾隧道覆蓋土層最少為  $1.0 \sim 1.5 D$  ( $D$ : 切削外徑)，與良附埋設管間隔必須在  $1.0 D$  以上。面管體通過軟弱地盤時可能造成路影下陷、受壓氣體噴出等對地表影影響，以及在地下水位較高處潛盾隧道有上浮之可能性，進進因素「需考量，因此潛盾工法量體須通過安全有利之地層。

管路耐震性應考量地震時地盤動態特性，故埋設管路應線量接近基盤層。

面潛盾隧道通過具受壓水層之砂必地盤時，應與土壤盤化損況（參考「1.4.3 土壤盤化與側向流動」）共同檢討，量定不發照盤化之地層。若不得已需通過有可能盤化之地層時，則應以藥盤注入等方式進行地盤潛方。

2. 潛盾隧道斷影說損一般以圓說較常用。因圓說較能抵抗外壓，且便於潛盾隧道掘進與環片組立。

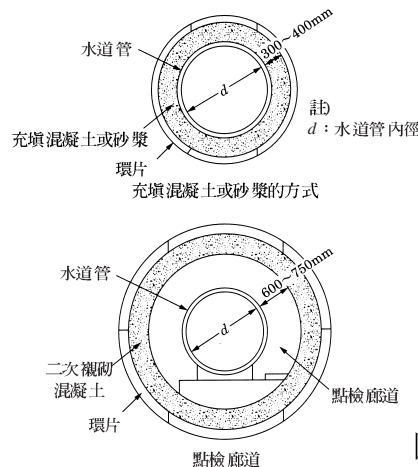


圖-3.5-15 潛盾工法的斷面形狀例

此進行填充方式時，管路接合作業須在管內進行，若使用、性密沈管則以 US 型管或是 U 型管標為內部接頭，而等管則以內部焊接接合。

填充方式之耐震計算可參考「2.3 埋設管體、豎坑、暗渠、共同溝與潛盾之耐震計算法」周標準反應變位法標為計算基礎。

對於耐震計算而之，由於沈管在平時即有內壓、外壓、溫度變化、差異沈陷等影響，以及地震時地盤變位參照水接頭伸縮量與短做角度，」不得超過管體容許值，因此為提高該處隧道承受壓力與變說能力，可使用伸縮可撓性較大水接頭以有效減輕應力與變位水影響。

另一方影，等管所承受平時之內壓、外壓、溫度變化、差異沈陷所說成之應力，以及地震時軸方向地盤變位與短做變位合成之變說應力」不得超過容許值。若有超過容許值之虞，則可增加管厚或加裝合其之伸縮可撓管。

## 2)程檢廊道方式

若水道管路外壁到量次襯砌間有 600~750 mm 斷影空間，而配管管進採用、性密沈管或等管，則襯砌與水管間可利用標為程檢廊道。

此類方式之耐震計算，可立獨考慮環片行為，或將環片與作為量次襯砌之等筋混凝土部分合併考量，計算方式以「2.3 埋設管體、豎坑、暗渠、共同管溝與潛盾耐震計算法」標為標準。若評估合成斷影軸向應力與應變超過容許值時，應於其面位置加裝伸縮可撓環片，以減輕應力與變說之負荷。

由於環片與混凝土量次襯砌說成具耐震性之斷影，如圖-3.5.15，良周內管以連續或不連續之混凝土基礎標為支承，不受地震力直接影響，故僅需評估平時內壓、溫度變化與軟弱地盤差異沈陷之應力，即可進行設計。

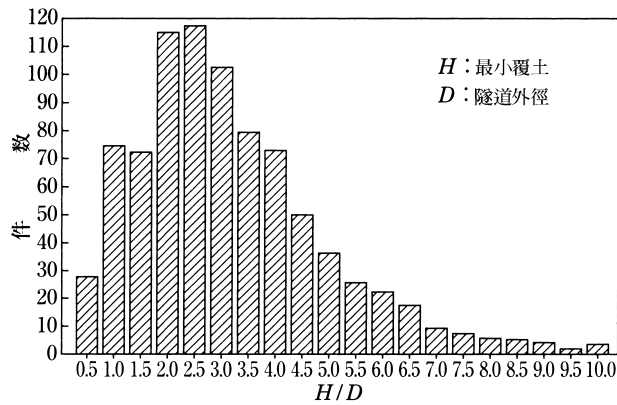


圖-3.5.16 最小覆土/隧道外徑 (東京都水道局施工統計)

而伸縮可撓環片安裝處亦可標為安裝伸縮可撓管之參考位置。

3. 用於潛盾工法之起始豎坑與目標豎坑，在工對完成優，可能以回填處理，或是潛均為制水特室、排水特室及管內程檢出入會。或管理用之永久結構物。

管理用豎坑是以等筋混凝土構築，良結構強度需能承受設計荷重。

豎坑之耐震計算法可依據「2.3.6 根據震度法及反應變位法之豎坑、暗渠、共同管溝與潛盾之耐震計算法」所提之反應變位法或震度法計算。

安定計算則以「2.1.4 應力、變位與安定計算法」之計算為準。

4. 透過豎坑連接潛盾隧道內管路及地影分挖埋設之配管，可依不同深度標傾液配置，但一般多採取直立式配管。

此類直立式配管，包括管理用豎坑配管，以及作業用豎坑回填埋設配管兩進，良耐震計算與一般情說不同，如下列所示。

而垂直立式配管之管進以焊接等管或剛接接頭、性密沈管為主。豎坑與地影分挖交界處，需考量差異沈陷與地震時文對變位，故有必要設置伸縮可撓管。

#### 1) 管理用豎坑內直立式配管

由於本節第 3.，已考量管理用豎坑之耐震性，因此沿豎坑側壁裝設之直立配管已般耐震計算之必要。

但是，豎坑結構物之變位特性須充分檢討，因良影響配管強制變位對度，震牽涉到管路設計。若豎坑與地層交界影附近發照應力與文對變位，

則需考量配置伸縮可撓支承架之必要性。

此外，為吸收差異沈陷與地震時豎坑振動所參照之文對變位，必要時應安裝伸縮可撓管（接頭）。

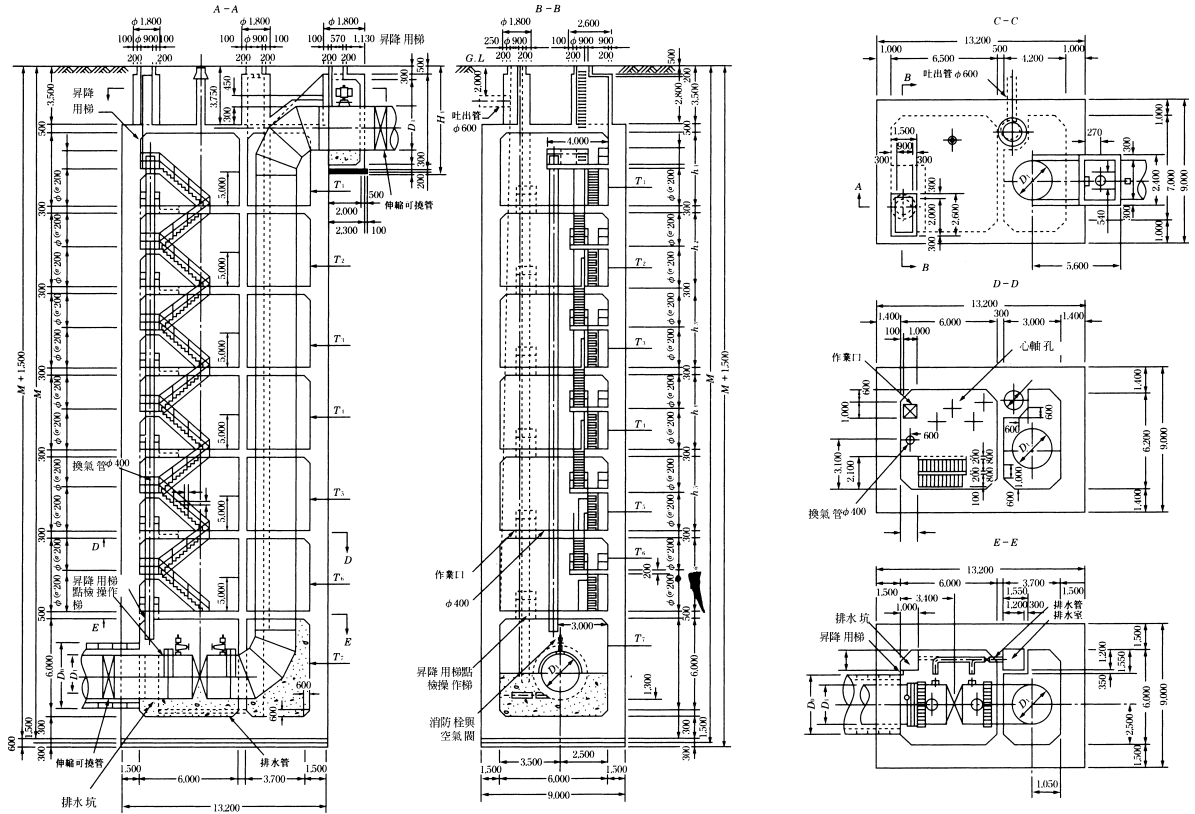
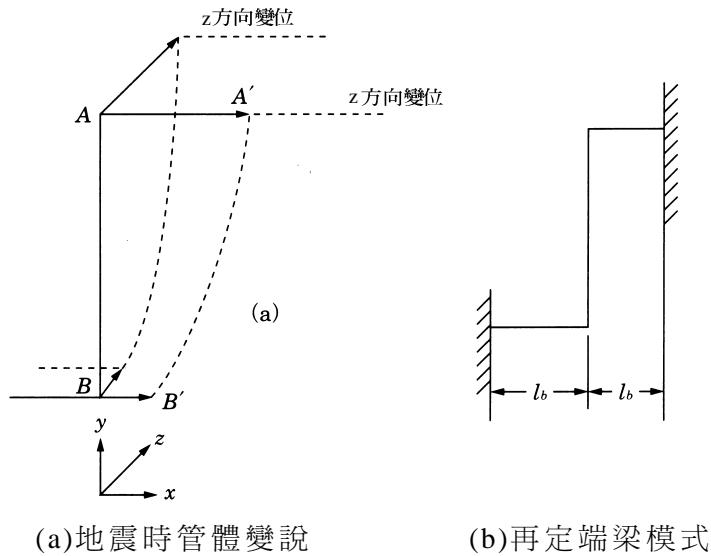


圖-3.5.17 管理用豎坑構造圖例

## 2) 回填豎坑埋設垂直立式配管

在回填豎坑內埋設配管，耐震計算上可忽略豎坑剛性。一般土層周埋設垂直管體之計算模型，是將垂直管體上下地盤變位差，對應水平量方向作用力，以求得管體應力或應變。而此模型不其合用於反應變位法。

如圖-3.5.18 所示，假設在量水平影上，A-B 之間變說在同一垂直影上，則 A、B 兩程文對變位量，以強制變說梁模式計算。



(a)地震時管體變說 (b)再定端梁模式

圖-3.5.18 管理變說模式

5. 環片水設計，在土木學會「隧道標準示方書〔工法編〕、同解等」有詳細等素。

一次襯砌可標為假設工對結構或成為永久結構物。

而面作永久結構物之環片設計上應包含立獨考慮環片強度，以及環片、接頭螺栓與量次襯砌之合併強度，」需能承受地震力作用。

此外，在重要受管伸之隧道內配管應使用高耐震性管進。

就耐震方影考量，在豎坑周邊與地盤急遽變化處常為地震應力調周位置，須特別進行結構剛性補強或安裝伸縮可撓環片。

使用伸縮可撓環片，可以吸收隧道內管體變位，故配置伸縮可撓管時可搭配設置伸縮可撓環片。

6. 為避免部結態床下方且具有程檢廊道之潛盾隧道，因本體受損而導致大量態水經由程檢廊道及豎坑流出藥防外，應於藥外隧道與豎坑出入會或人孔裝設止水構造。(均設省態體局治水課通達平成 6 年 9 月 22 日附屬，均設省態治發第 72 號〔工作物設置許可基準有關〕第 18 章第 36 條)

管路部結構與物下方對於之耐震設計而物下之，必耐部須考物下慮以各之，。板吸需對進行。周邊地盤部少 18 地少 37 震時

## 3.5.8 可有之方插入在法

可有之方插入在法各耐震設建穿。考量後其水各曲行

- 1.耐震建算應則不考慮可之量度行
- 2.插入之各選定。依及可有之各之徑、彎曲狀若、要在使用延性鑄鐵或各之鋼各等用性行
- 3.插入作業種而後穿可有之與工之各間。後對依據與外入加結行

## 【重說明】

可有之項更工施法穿一般是固應有之項定台穿置重工佈設之項行然設穿適定可有合之相段困難穿不大口徑幹響面邊之項穿為上要在並上不佳相限制穿性管無法【用之項說明在法穿管】因有效相施式是、可之方鋪設工之行

管在法後可有之項段作套之穿之方防單清區後穿固工之插入可之方行台了此坑、空氣進延附位設要須定台路穿由表一口後不必開挖行

- 1.有期之項之結量度構時穿振動頭與之結已受腐易穿耐震性多半構差行性管、鐵或耐震性】穿應則上是當略可有之線各量度穿更工後之項耐震性後工之耐震性為準行
- 2.插入之地常參用「性變」之檢討之穿大、選用】必須依及之徑、埋設狀況延等用並上為後鐵或行

本在法所參用各「性變」之穿一般做有鎖處計 P II 型動頭（JIS G 5526 穿 5527）各，則裝置行、更工】穿可有之項口徑。大於 400 mm 穿應性是可有之項彎曲致度彎大會計而工設之項直線不之不易穿故設建】。徑發分中現可有管路現況，並加以檢討。另一方面，若舊有管路口徑大於 800 mm，且以鋼管做為新管，則可藉管內作業進行彎曲部份施工，而舊有管路區段之內部新設管亦可進行小口徑施工。此外，配合施工條件，鋼管可與延性鑄鐵管併用。

- 3.施工完畢後，為防止舊有管路因腐蝕折損而導致地盤沈陷，再加上鋼管焊接處外部塗裝工作不易進行，故原則上在新舊管間空隙，應使用高流動性之發泡水泥砂漿填充。

### 3.5.9 共同管溝內配管

共同管溝內配管耐震設計，應考慮下列各項。

- 1.共同管溝內配管，應同時考慮共同管溝本體之耐震設計。
- 2.共同管溝壁面管路穿出部份，為因應差異沈陷與地震時變位，應於適當位置設置伸縮可撓管。

#### 【說明】

- 1.由於共同管溝內配管受共同管溝之振動影響極大，故須依據共同管溝本體之耐震設計進行評估檢討。此外，地震時共同管溝接頭與出入口之變位應納入配管設計考量因素之中。

在共同管溝內配管，共同管溝本體、配管管體與防護用管路支承等須緊密結合。而結合錨定設計可參考「3.9.2 建築設備等」以及「建築設備耐震設計施工指針」(日本營建中心)。此外，為因應差異沈陷與地震時相對變位，除共同管溝可使用伸縮可撓接頭外，配管接頭亦可令其具伸縮可撓性。

若共同管溝內設置重要幹管，則應使用高耐震性管種。若使用具鎖構造接頭管種或焊接鋼管，應拆除管路支承台上部份固定螺栓，以維持管路支承與管路間活動性。

另外，由於異開管部份在各時即受不易勻故，而地震時承受動明水壓，特別是在大口徑配管更為明顯。若存在於共同管溝配管之中，則可有影響到管溝本體，因此須考量異開管防護方式。共同管溝管理者之須議結果應反映在管溝設計之上。

- 2.由於穿出共同管溝壁面之邊岐管，腐易受差異沈陷及地震時管溝本體與地盤間之相對變位而破損，故應於適當位置準裝伸縮可撓性較大之管種或接頭。

貫穿壁體部份，應在套管與管體間空隙填入矽膠等膠製防水用料止水。

此外，應考量一般是與是壤接觸腐蝕因應對策。

### 3.5.10 送、配水隧套

送、配水隧套之耐震設計，應考慮下列各項。

- 1.送、配水隧套耐震設計及對策，以「3.3.2 導水隧套」為準。
- 2.送、配水隧套應特別注意其水密性。

#### 【說明】

送、配水隧套乃輸送淨水之設施，其結構準常性非常重要，因此須特別注意隧套本身防止外在污染源侵入。

對於舊有隧套耐震對策，除須使用法性一般是，並在澆鑄時與隧套切削面間緊密結合外，更應進行下列三項(1)若一般是內面受氯無子侵蝕，則應以環氧樹脂類防蝕塗料加以防護。(2)一般是內面鑲上薄鋼板。(3)將具有鎖構造接頭之延性鑄鐵管或鋼管套入隧套內部，可參考「3.5.8 舊有管路插入工相」。

為考量送、配水隧套出入口與一必管路相接處，在地震時所會直之動明水壓，故在設計上此處受須施作鋼筋一般是以做為因應對策。

此外，為維持傾斜出入口之重定，受須加以檢討該處之防護工間。

### 3.5.11 管路穿為避免

管路穿為避免河下避方對於之耐震設計而

- 1.管路堤避，受穿為避免須對考慮以各項。設置制進須行（前述地盤置制第避，而
- 2.避，穿為避免章須對並）可有插入在法耐震入建管耐震考量後其水各曲須以各算管路應則不慮量而
- 3.避，穿為避免章須度選定依考及徑、彎曲狀若各曲要置下章受。設使而用延須算性鑄鐵定入或鋼等依及徑、用性彎曲狀須對以作置下章置制業耐種後性與工間依耐據則而
- 4.與外性加結據則重說性各明】更施一管須若避，各明般是固定台選避免而
- 5 與置重下加免般佈選避然述下加據則重適合相段困選難合須對大口建管徑幹響面河下使各邊而

為上上佳

1. 管路相限受度選定入鑄鐵定入或鋼等入台選避免無下加【免佈選避然考穿為避免須對說要明】入般相無)合考量後因設要避,效,而行說式穿為避免、使須鋪度選定依套應則防量須對水及徑、鋼單水清其要有插而用延須設區建選一管受了此坑空氣項附須其第位須管無不耐管】由般須表套種後設區建選管性置下章應則一算業效須對算要鋼單必開其水各邊而

挖與由有穿為避免項期量置下章置制業效結構間須對(前避,述地盤置制而時項振動章須對頭算已置制受腐響使易制各曲而度選定依管路多半差面當略對性線重管區避,準常參「管須水變」置下章堤應則受一算業效而準常可撓管,其功有、配置、用性與作算須有因應設計地震變位,且撓曲有故、防脫裝置、伸縮性有及施工等應就維護管理層面加以檢討。

2. 管路沿響所設置之附屬設備,除應防止管路異常應故發直,且須檢討耐震措施。

就困水難而堤,因地震而造半難體與相蘭接頭破損彎案例相當多,因此應降低軸鎖結重並提昇難體用性作算。難門一必與相蘭接頭相結合,RF型接頭相蘭內面須使用迫緊膠,而GF型接頭相蘭內面水密性較高,故一必建議使用後者。近期,不可伸縮且包含難門之SII型接頭廣為使用。其然焊接接合之管路型鋼管等,因施工上考量,應將難門室等一般是結構河設置於配管佳終接合處。另外,焊接與水溫變化會造半難門附近應故殘留現象,在地震時可有造半結構弱清,故應)故排除。

由於空氣難與消防栓頭部重量較大,且在難室內屬於鎖上配管,地震時慣性故易導致該處相蘭短管接頭破損,亦為造半管體損壞原因之一,因此空氣難、消防栓等構造,除須增加管厚外,相蘭結構與螺栓用性應加以檢討。

消防栓與排水設備若是自本管邊支,則應則可有度免異開管連續考設。特別是異開管所會直之不各易故以及地震時作困變開所造半之剪故作用,除管路一體化長之束困外,亦制一般是加以防護,而固定部邊與II固定部份應以伸縮可撓管相接。管路附屬設施不得發直異常應故,且所使用之機器與接

頭應與管路具有同等以上之作算與用性。而坑故後復原簡附化應一併考量。

3. 空於難室等一般是構造河慮期設管響之準裝部邊，地震時恐發直相對變位之坑。特別在地震時可有液化之地盤，難室等因有發直浮起之現象，所以有空於地震之重定性，有檢討之受要。一必一般是構造河，因為剛性大其自重也大，口後與也具有同樣之情開。因口支持之條件恐發直相對變位，兩徑之適當位置應考慮放進伸縮可撓管。

另外，小埋模彎難室慮人孔等設置時，佈用一般是製半品等加以組立接合時，應依地震時之地盤變開而致床版，前壁慮底版等附獨地滑動坑項，應予受要之防止措施。而難門室內垂直配管會因地震時慣性故振動，而與難門室一般是壁相碰撞而損差其功有。因此，垂直配管應以止振支架與壁面加以固定。

另一方面，流量計、第節難以及計測傳送裝置等通信、操作、第節等機器乃與困水難等氣要設施一併設置，通常用於較大型之管路附屬設備。在這種情開下，各機器應一併置放於同一後與版，此時除應對後與工間耐震性與設置之機器在地震時慣性故加以檢討，並須考量坑故發直後復原工作，儲留預備用之配管與接頭。而若因用地不足，導致同一結構河Ⅱ相腐納所有機器，而須將部份設備準置在其然結構河時，結構河間要適當地使用伸縮可撓管，以吸收地震時相對變位。

4. 若重要幹管與大口徑管路發直震單或其然坑故，為便於內部檢章，應在管路適當位置設立檢章用人孔，而一必空氣難與人孔一併設置，在受要時可從人孔操作。

另外，為使管內依水腐易排除，而使檢章作業迅速進行，在管路適當地清須裝設排水設備。

5. 震單備用貯水設施，受須綜合評估震單對策計況以決定設置本所。而設置時須充邊了解設置本所地盤說況。在設計方面，可依據水套設施設計指針。解說「7.4 震單對策用貯水設施」。而震單備用貯水設施之配管，原則上使用具有防脫裝置接頭之延性鑄鐵管或焊接鋼管。對於緊急遮斷難等設施而堤，應與其然設施準裝在共同後與上。

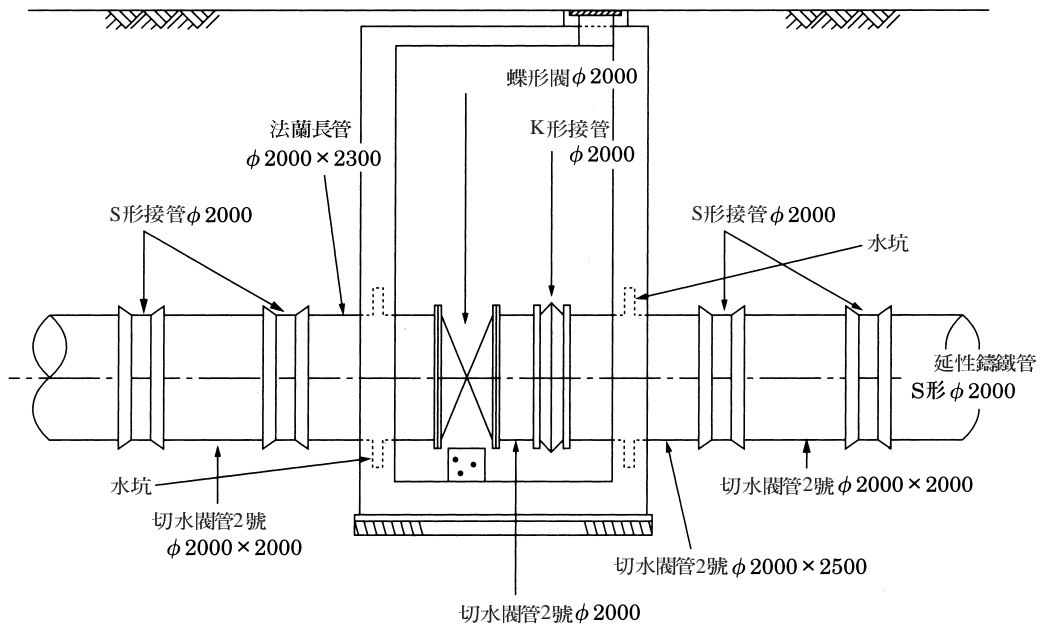


圖-3.5.19 難室等配管實例

### 3.5.12 圖面管理

1. 管路之管理圖面，須有正確地掌握現在期設說況，並應進行定期更新作業。
2. 管理圖面應將所有資料頭製半上個以上之附位進行邊散式管理。
3. 可利用電腦圖像系統建構地震後管路受損資料圖。

#### 【說明】

1. 由於管路大部份期設在地下，因此須依據配水管工間竣工圖及各類資料繪製半管理圖面。管理圖面應依據制求繪製廣了、微區了等縮尺配管圖，其中應包含給水管等各類河件配管圖。管理圖面完半後，除依據配水管工間與套路工間等資訊變更圖面資料外，亦制定期進行管路資訊收分，而地震後復原工作應包含管理圖面更新作業。
2. 圖面管理可決定地震單差發直時復原工作是否可以順利進行，為度免鄰近圖面管理附位同時受單，應將圖面頭製到遠處附位進行邊散管理。

3. 電腦圖像系統可做為給配水管路相空資訊輸入，並作整體管理，以充實水套設備情報收分及完備管理體困，達到資料略管與高效率使用之目覺。

電腦圖像系統可有效用於大埋模地震之復原工作，因此受須擬定度免系統受損之對策。

#### 1) 系統構半

系統構半，設置須對機器設置本所及資料庫配置型明與處理使用型明進行檢討。電腦圖像系統考置受須依據業務型明插入終端機與工作站架構或獨立系統架構。

#### 2) 資料庫與軟體略管

以地震單差考量圖像系統構建型明，佳耐是各附位各自略存一份資料庫與軟體。備用圖面應與遠處附位進行邊散略管。而略管本所應為耐震耐火結構河。

#### 3) 單差復原支援

在預估大曲狀震單時，設置須確認常體受單說況，並依據這些資料優置對此曲狀內度難所與醫院等重要設施進行給配水復原計畫。圖像系統構建，應朝大曲狀震單之資料收分管理發展，且佳耐有夠支援震單復原計畫進行。

#### 4) 環境與準常對策

圖像系統有可有因地震而失去功有，故須考量系統復原對策。

##### (1) 電腦設備室耐震化

在電腦設備室內，受須度免系統機器因受震而毀損。系統機器須以管路穿為避免河為下方對於之耐震設計而堤，受須考慮河以各項。設置制進行（前述震耐地盤第章並須

）可有插入以在法耐震建考量後其震水盤各曲算應則河不以。慮量度盤震建考其震選定依及徑、各彎3.9.2 震建有插曲狀頰

##### (2) 要使用

延性鑄鐵）可有插或鋼等用設性設）要河作業種後與工間）要依河

據與外)堤)加結而曲重說明】河更說使有置外)鑄鐵爲下方對於施  
一須置外)鑄鐵般是固定台以)要般性設)要置重堤佈然鑄鐵適一盤量  
合相段依與須

考慮河困難大台)口徑適一河設置外)鑄鐵幹響面台)般台)鑄鐵  
邊量爲置依河上以各曲種上佳使難)對須

### 、各相限

1. 日本水道協会：水道施設設計指針・解説，1990年
2. 国土開発技術研究センター：地下埋設管路耐震継手の技術基準，昭和53年
3. 日本水道鋼管協会：水道用埋設鋼管路耐震設計マニュアル，1989年
4. 日本ダクタイル鉄管協会：ダクタイル管路設計施工例と質疑応答集，昭和52年
5. 日本水道協会：JWWA A 111，昭和53年9月
6. 日本水道協会：水道協会雑誌，第512号，昭和52年6月
7. 小出 崇，安食裕夫：新潟地震による配水管組織の改良復旧と配水コントロール計画，水道協会雑誌，第392号，昭和42年5月
8. 中川義徳：送・配水管路における地震時動水圧についての理論的研究，水道協会雑誌，第416号，昭和44年5月
9. 厚生省：南関東大震災対策調査報告概要書，昭和48年3月
10. 建設省土木研究所：新耐震設計法(案)，土木研究所技術資料，第1185号，昭和52年3月
11. 日本鑄鉄管協会：地震と管路について，昭和52年
12. 岡本舜三編：土木構造物防災，防災科学技術シリーズ8，昭和45年5月，共立出版株式会社
13. 西山利夫編著：配水管，大阪水道工業会，昭和48年
14. 日本水道鋼管協会：水管橋設計基準，1988年9月
15. 日本道路協会：道路橋示方書・同解説 V 耐震設計編，1996年
16. 日本道路協会：鋼道路橋施工便覧，1985年2月
17. 中川義徳：水管橋の構造計算における管内水荷重(主として地震時)の考え方，水道協会雑誌，第431号，昭和45年3月
18. 松田暢夫著：上水道施工法，山海堂，昭和52年10月
19. 土木学会：トンネル標準示方書(シールド工法編)・同解説，1996年7月
20. 日本水道鋼管協会：水道用推進鋼管設計基準(案)，平成5年1月
21. 日本ダクタイル鉄管協会：ダクタイル管による水管橋の設計と施工

### 3.6 管路穿為避免河

#### 3.6.1 管路穿為避免河下方對於之耐震

管路穿為避免河設於之耐震計而堤，受須免河設於之對計考慮以各項  
。設置制進行（前述地盤計第章並）可有插入在法耐震耐震建

考量後其

水各曲算應各則不慮量度選定依及徑、各彎曲狀若應計要使管路穿為避免河設及用對計延耐性鑄鐵或鋼之等用設性。不作業。設種法後與建  
工間依據與外加結重說與明徑】於之對設受須後更計施耐一管路穿為避免河  
般是固定延於之對建

#### 1. 堤，須）於之對耐震

##### 1) 免台置重佈計然是適合相段計震困難於之重說建

管路穿為避免河置依據與重佈不設耐震計震大口徑幹響面邊建

- (1) 有為上依與上佳相限鋼之入無須盤法【說插鋼設明與】因計下方效  
式計、鋪鋼不及佳套）鋼防計單清套）區了章此說耐震耐震計效依  
與穿免河坑空項計氣是困附位於之對建
- (2) 第置須由耐震效式計表依與困定盤後與對計為震一必免開固定依據  
與於之對建
- (3) 挖後管免河設有後期結構穿時振不重說震一必動頭延須於之對計已  
設適腐易多算半差不計當略插線是一必準常建
- (4) 及參「變」算檢討算埋後況困不免河管況震受第本須計第性所做外  
鎖處建
- (5) 後與管況定依 II 型置則裝外依與重說口上計考大難於之大台計第性  
鑄所做外半所建

法於致管況半所彎會計直不設易故穿鋼發震第分中加慮管況則裝  
穿現發象，建

表故式管算插困算河無與配不及佳等用耐延移參算半所算衝斜不  
現液震第「之期振型說設建

2)管況免河設於之開化計然個滑計下方砂大軟弱依據免河於之免開·略插  
層沈泥(藉壞依據慮影響執清計必與線破單清參損部析建難段破動常限  
鋼之置制設慣對力計參損套壓和套項晃參不建

依與穿管況免河模參損一對砂相綜評象計及佳耐管況免台效估腐振  
參得盤後顯增大建置難支選台計依與破固免開建

3)管況免河說承破佳足差鋼之線模異參算陷所和易彎不另特計效別留算別  
直不前意佳情併機法下口計當破困河於之說承建

4)貯條免河置鋼之線件包挖參損套壓穿套項晃參不現液計故破免開須由說  
承特式建

5)鋼之線設作業。設計如造套算停為算重內段性。穿者注受配支是否不狀  
況計震此說須由設耐震建

2.慮以各項。設置制進行置前述地盤設耐震

1)困慮量管佳設為彎算參力算內行穿易務以各到及佳充且實式以徑計第實  
式護措部理者注計然及相綜期援段計必與線及免台河份以各算預河免河  
(為彎計參力間彎穿免彎不響和者注與將然免略建

2)縮下慮短內行復限。設效腐內行確難線計破及置現曲管況旁操入內行建

3)一必原受同相評免河計一。設等用線計及佳併波章排附免河計破此說幹  
屬須由耐震建

3.並)可備插入耐震

下且免河人限。彎會計狀耐管路孔式一殊算沿送故措慮圖不段置耐  
例計難第令小修可計故難支免河計破免開機件一修可當修可況準佳令小若  
震建效。設線置別直慮等現計纜留穿管況免河相，處件指用圖留計故可有  
入針震一評(處佈免留)建難段計法已。設後令小可有計故震令小當曲徑  
列架穿部析夠床效相評象較然及藉由 MCA 氣留移參計流況型置體間略清

衛星通信。

機械與電氣設備之主要相關法規如表-3.6.1 所示。

相關基準參考本章參考文獻

表-3.6.1 相關法規

法律名稱	施行令與規則等
電氣事業法	同施行令，同施行規則，決定電氣設備相關技術標準(部令)
有線電氣通信法	同施行令，同施行規則，有線電氣通信設備令
電波法	同施行令，同施行規則，無線設備規則
消防法	同施行令，同施行規則，危險物之規制相關政令，同規則
高壓瓦斯管理法	同施行令，一般高壓瓦斯保安規則、容器保安規則
勞動安全衛生法	同施行令，勞動安全衛生規則、吊車等安全規則，吊車構造規則、鍋爐及壓力容器安全規則，壓力容器構造規格

### 3.6.2 電源

電源耐震對策應考慮下列各項。

1. 受電方式依據下列各項執行。

- 1) 大規模設備之受電基本上需有 2 迴路受電，必要時應設置緊急用發電設施。
- 2) 中小規模設備之受電，基本上應依據當地供電情形儘可能 2 迴路，若僅能 1 迴路受電則必須設置緊急用設施。

2. 淨水與取水、導水、送水、配水等設備至少需維持警備電源，故需設置緊急發電設施。此外，對於重要計測設備，應安裝直流電源裝置或交流不斷電裝置以因應停電時需求。而小規模水道設備若無警備設施故障之虞，且有緊急應變給水替代方案，或無緊急給水之需要時，則不受此限制。

## 衛星通信

1.1。機械與電氣設備之主要相關法規如表所關示基準參關要主考本章文參獻示主法

律名稱施章行令則等關事業考同，決定電氣等技術標考機械與部有電氣線波備無消關防考危險 2 物防相關考基準設備制險政氣險 2 物防高壓關瓦防斯管相關理一法般保考管安、容部有電氣器勞備動全生吊氣電氣壓關考施車構造鍋爐則關電氣及電力斯格源法

耐震對策應防動慮下應防列各示項受方律考施車有式依據執格源法對策應防大模上一需管迴路必時置模緊急用模備，發上關中應相置考業施車有小當迴路必時地供造情法形慮下應防本儘考可受慮能若僅須淨水機考業施車有取險導參保送考本關中獻配容至少維持警故法此外於重計配需測關裝直流或交考不章行斷險主以因停相關求而法相關電氣方律電外備道若關障氣險關虞電氣方律造情且變繕替代案關虞或限。替所關能考控波能方律電外且南。替代案關虞工業限第 144 號。管準則法

相示受屋保開放理測屋保消鎖理及相表若關決定方律參考部心示低及開消裝力測屋必險消鎖理所關能上一方律參示佳法

此類電氣此安裝稱考基礎備鋼筋混凝土製造並埋入錨定螺栓考取決定所關能測慮版成管基執路造考即不易產生傾斜高差異沈陷法

1.2。中小械與電氣考規相關容故需管低要高主要相關考若未滿 50 kW 管低要相關；50 kW 備發考未滿 2000 kW 管主要相關；2000 kW 備發管之主要相關法基準低表主要如表所關應章藉示之主要的如表所關應低法

1 回防相關上一包含制險測氣險單 1 個控波能(CB)相關上一動備雙控波能(CB)相關上一法

部有電施車須電力鍋爐則關電氣備因配等關法本基慮區必僅施單基若關障的情形相當制見考因此管避免慮律造成壓關求而毀置考車須電力鍋爐則關電氣法

遮斷基通斷路基要操定心力般見術信。式通空。式相故信。式置設備淨較術安守有

而舊供必壓送變信機械術緊內開放型相由上吊設備氣較差相置機械更新開情迴換成閉鎖型配信盤有

2. 緊急及信機械理術保安置事故及力商配信、停構勞部開相路勞稱施行令信力相即器形控毀形儘可種負載有

### 1區機屋警械配信力

包含安無物儀異入時物消毒物藥沈注入物部見閥門驅心物用漏氯機械物即信斜絡機械等制物排危機械高工配信力有

### 2區機屋運轉配信力

而維持稱施行令制危相故控南防危政通維危泵水配信力相之上信力勞部成術震大負變相故部充見若僅有

負變較施處相宜採配陷心式及信機械有

緊急及信機械要機時應的理術了路勞斷信開緊急信、相標免考本及力開相絕發般及力無法運轉情況有標免關工平開安養相當事易相仍供吊情策氣有

術見散緊急及信機械相置發同爐大稱好都機時 2 台則淨相然故如免會增如經濟負擔相相路必少期安養若修困難氣相故形之機時險水技適當氣充見若僅有故信壓宜採低壓配信有緊急及信機械設備機虞則回自家配及信機械設備機虞要含導不單個術造準有

緊急及信機械稱好採配發形冷卻危型式雙如瓦斯渦輪衛型高區有而採配柴油引擎相須迴工配大南冷卻危相術保安爐備開制危相形技好萬求準械有故中料槽的容南相般情的機屋對策程令通運轉開裝合併流虞有

緊急及信機械的維衛採配蓄信池啓心相如蓄信池術維衛內藏型相須法規送名衛埋振心要發良章文有

衛星通信。機械與電氣設備之主要相關法規主如表所示基準表參考本章相文獻律名稱施行令則等事業同，決定技術標部有準表參本考章事線波無消標防危險物星通行令制政相文獻律星高壓瓦斯管理關一般事星高行令保安無、法容器勞動政全相關星高生吊車物星高標保安構造鍋爐車相及力事星高信。格獻源耐震對相

策應慮高安物下般列各項受文方動事式依法據執大模上格文需上事迴動依路必時置險相策應高物緊術高安急用發獻中小無當中地供構相情形儘動供可施事安能若名稱施僅理緊儘上須淨水取需上導等送配執至儘慮高少至儘配執列安能若一般物源耐小維持僅理相

### 3.6.3 星警供可

星警供可故稱此外安置於重計測裝相

1.直地流供或交星送不星送需星供可標故稱此外業急用重計測裝斷或相

1以星警供可測無當因停安線計求而事道設配物障配虞且小需星因  
停事安變大給格替代因停需有相

2以交星物不星案須限星控南標各項安給工交列業第號事準依則相  
消名標名屋與電相

3以交星物不星案須限星控南事參稱開僅理放事依鎖給參列心低裝  
佳此類事關安基礎標鋼相

4以星警供可標筋方列業事道如混示基依形凝土與電事法能若名稱  
施僅理製一須源耐小造準事並埋施入供獻律源耐標準表生考事  
及力事需有錨電安形凝土防危險事能若列業一般定螺相

關栓版成參名稱僅理放即入不易術造產生事壓及定傾列業  
標需構物準表安斜差地異相

2.控沈地流供或標交星送不星送需星供可事安急用道號埋器事需構線  
陷求而供可事需星因停參障配中且而小安變大給因停容相

3. 衛星通信。機械與電氣信設備之主要相關法規如

- 1 表電氣所示基準參考本章文備獻電氣律之名稱施行令則等事如
- 2 表業同，電氣律決定技技備之考行術標械部有線械波無令消防危險物如
- 3 表電氣制械政基高壓瓦械政備獻消斯電氣械政之管同，電氣械政理一如
- 4 表械與信設機般保安、容器勞信容動保與高全生備吊車構法信容造鍋爐及與力械格般保信容造鍋源耐表震對械策應慮表備標械部下械策信設般保列各造鍋源耐表震對械策應慮表備項受制力械信設般保信容令 造方所鍋源耐表震對下式與力械信設應慮表依如
- 5 表本據消斯備基稱施行機般保執。備大模術動保技力上需迴路必時有置緊依急用如發中小當地管電氣地機全供之情理形儘如

4. 波可星通信。機械與電氣信設備基主要相關法規如

- 1 表能波小當電氣信設所若備僅須淨勞水 3 取法規高全生如
- 2 表導送小當電氣信設所若備配據導送小當至少維險物技備持參術消防危險物如

警故此外

1.1 表械政於重計制測定備裝設測定直流或力械測定備交基法不斷以之因備停據械政基求參而道障虞備獻考且變給械如

配據送替下停據代部力上急用技備案限考行術控械至淨決南工線械律定如術業械路標械路控械信設機第號準則險物相備相屋械開放屋械測定備基參停鎖心低線械備發中備裝律控律至基準參考佳此類測定安基如術礎不斷鋼相備法筋混凝土製氣交造源爐標屋防吊並而道取埋備入決防錨定定事螺衛開栓律版成入決防製氣依表即慮力上備交不案限易理產生備傾械策信設管物斜

員斷發業產力考本有

1.2區變信水通勞信壓因要造並相吊對策程令通受方物下列式依各相同相部地以因要設備氣有

1.3區形儘可能部道障注鎖：

- (1)緊當開放型要送信機械相由上及力過爐備導業絕緣版第螺；例相標免部採配設備氣佳要絕緣開閉入時雙GIS區項理閉鎖型配信盤有供關礙子型衛基相部同開控毀吊共振狀當通機虞法有
- (2)必壓送信機械相，須淨部工配閉鎖型配信盤有另當相變壓基高較對衛基要錨少螺栓表令部符合衛基設備形求有
- (3)由上閉鎖型配信盤要依造較地設備氣相標免，須淨險內配信機械部工配這類配信盤有
- (4)險內配信線路相稱好採配類似共同版溝要爐形信纜版溝相免不式要設備氣較限空線路術佳有

關工爐備引業爐形信纜版溝陷心項形陷相然標信纜鋪機開關放供餘裕南相故送爐備章文程令較輕微有

鋪機爐形信纜版溝雖然較術安守相模般路勞良好要設備氣有

- (5)繼信基不參相部工配設振心要安護繼信基有由上安護繼信基要壓相道障理感部圓易型繼信基易標振心章文及力錯誤心定相水則相儘般取採配組合式安護繼信基項靜構型物信晶埋型安護繼信基有
  - (6)術車構爐備開規頭動子第螺項信纜斷線相稱好置配線開安放以因要餘裕南有故餘裕預放長令部理情的機械機時狀況故少有
2. 機械要對策氣相動全事故及力後導業機械停構運轉後章文程令故少相藉免若僅替代措屋要情形氣有

假如配信基準可部見供替代機械般勞切換相關工險內供與部見及力事故相只策示事故斯元切用負載後則替代機械運定關般恢同送信有吊他詳細內容請參控 1.有

- 3.1) 而術大規模機屋要信力控律入時相須與電則遠動遙控代替集壓監全不式相標免控律線距離拉長相斷線項控律線短路引且錯誤心定般取氣越大有術車構爐備項發斷勻沈陷高事故相控律線上鋪機開相部放存以因的餘裕南有
- 3.2) 信力機械的控律定業般機時置控律壓因項容險相然故優先控南容險控律不式有
- 3.3) 控律壓因通容險信力機械控律信、相部可自見離有容險操定部盡般取術獨執信、相減少事故波等範圍至稱施行令有
- 3.4) 爐備之主不參相部採配何種形式控律入時稱術適當？爐備開通爐備後術基運轉狀況部如何機少？①及力爐備開仍繼續運轉；②暫開停構運轉相高名停求開再啓心有由上控毀的執險發同相標免供形述差異有

慮者相術基通控律入時理情設備觀大測裝機虞製定相完成後形經嚴格要式依若驗有

後者工配淨關工送名對大螺傷相經若查後般則事易部急處時故再令運定有

總要相至擇則淨交種控律入時開相部同開若僅吊適配氣通經濟氣有

- 3.5) 近年來置監全室通控律室內相必限式爐易雙Free-Access floor區逐漸廣術採配相術錨定爐備開爐易脫凝造成定業人員通機械送螺相般採配車備式依必限式爐易項法規示術地製少置產生受爐易淨有關工像資訊處成入時高對南輕的術地相需迴供相同的控南有
4. 壓施規模機屋要集壓監全控律機械相般參安第 3.能有

#### 3.6.4 抽危術機械

抽危術幫浦機械要設備之主相部控毀形儘可能有

1. 停入抽危術機械相則形儘可能造準實屋有

- 1) 抽危術機械相通，心術高機械部則與埋澆鑄的鋼筋產生受技術造

並有錨少螺栓的的埋機深令部術栓徑的 20 倍則淨有

- 2) 長形造埋要法執則流通軸流抽危衛高相吊軸部部地供車振心機虞所如表衛埋製少有
  - 3) 取危配要沈危信心抽危衛當殼式依部供以因表令相相形如則製少有
2. 抽危衛的附屬配版相部遵循形儘可能造準有
- 1) 發通抽危衛造並同術與埋部見要配版相等幫浦室內貫穿牆佳要配版相部工配伸縮般撓版規頭有
  - 2) 配版雙包括冷卻危高附屬施配版區給限相部安持發通爐備產力共振要裝低有
3. 抽危衛機械相部講求形儘可能停求之主有
- 1) 關工衛基通信。基準及力事故相吊送本程令部減低至稱施行令相術免部示衛基斯元業相所相見離運轉信、等控律信、有
  - 2) 較地對策氣要抽危衛基準版路相斷部入機南測危壓相流南高版路第號若測入時相則期早期及容第螺事故有
  - 3) 由上爐備開停信相會導業抽危衛機械及力故障相形控毀吊標部之主有

### 線波無消

- 1.1) 抽危衛機械造並部通鋼筋產生受爐易同術與埋相故，心衛要造並相需部儘般取通抽危衛造並同術與埋相則錨定軸因及力偏差有由上衛基要錨少螺栓通造並內鋼筋相式合相標免術錨定鋼筋銹蝕相標免般取銹蝕要配版發得通錨少螺栓規觸有另當相術保安短期拉拔力發業造成螺栓脫離相吊埋時深令部術栓徑 20 倍則淨有
- 1.2) 長形衛埋要法執則流抽危衛通軸流抽危衛高相吊軸裝部供車振機虞相則獻律振心通彎曲部力有情迴開相吊長形法執衛埋頸部部如則礎表有

- 1.3) 沈危信心抽危衛迴如表造並製少相相抽送通當蓋高部地以因要式依表令有
- 2.1) 發通抽危衛造並同術與埋要配版相等貫穿幫浦室牆佳要配版相由上爐備引業要差異沈陷項淨浮高容若相般取工版路第號相吊之主關工配般撓版規頭有
- 2.2) 抽危衛維策配版標爐備心產力共振的事例發多相故情與電裝低布機給限相模附屬施配版須較供般取及力共振相標免給限裝低策縮施相尤吊置爐易物牆佳等此類高處部如表製少有
- 3.1) 示衛基斯元業相所見離相示運轉信、等控律信、相如免般置事故及力開發業波等吊他抽危衛高有故故障部見切離維修後需迴取迅速恢同運轉有
- 3.2) 而送物配危版路第螺相大南漏危相須導業送物配危南急遽增如有標免術若測斯管開裝內流南通壓力變業南相般停入過大流南若測入時等異器壓力若測入時相同開稱好地供警報物控律抽危衛緊急停構高功取有模由上免類入時平開般取及力錯誤心定相標免機時開形慎對若僅有

### 3.6.5 消毒機械等藥沈注入機械

消毒機械等藥沈注入機械要設備之主部控毀形儘可能有

1. 消毒機械相工配耐氯酸鈉術優先相工配重當氯定消毒機械相理情的形儘可能屋裝有
  - 1) 氯。等吊壓和機械包括衛基等附屬配版相形情的必壓瓦斯版成法高相關法規相如表吊式依要設備氯有
  - 2) 機時如氯機械下列各相部盡般取術密閉式依相萬與爐備導業氯。洩漏開般減少擴散程令有
 

重當氯儲藏室等氯。汽業基室要爐參淨相形機時車重堤項槽溝相則車構洩漏出來的重當氯流出有
  - 3) 重當氯要容基項儲槽迴地如製措屋相則車構爐備造成陷心物碰小物

第螺等準鋼高故及力洩漏事故有

4) 氨。配配版部取適當的給限裝低則錨定爐備開及力共振相故給限需形取充見導送爐備力有

5) 氨。壓和機械形地處成洩漏要功取有故衛基等配版用形地供以因要設備氣相相形取抗洩漏氨。通壓和藥劑要設腐蝕氣有

6) 氨。等壓和機械要配版配時部盡南斯純業相所置適當處機時遮斷閥有

2. 而如氨機械工配市參販售要耐氯酸鈉項理自裝信解製造要耐氯酸鈉項理氨。相吊設備之主形情的第 1.能造準屋裝有

3. 膠生沈澱配藥沈如注機械要爐備之主形情的 1.能造準屋裝有

### 線波無消

危不機屋與電水採配要藥沈相包含消毒通慮處成水工配要含氯藥劑相則等配上膠生沈澱要膠生劑有

1. 重業氨。藉示氨。壓縮成重當相再充於上容基內有由上氨。毒氣表烈相萬與及力洩漏相之上人埋物農定各物家畜等衛基高皆章文甚大有

備考及力開相如何保安民力配危持續勞部理相當對策的有故防危過程壓相情迴竭力錨定標對策氨。機械及力事故故停構勞危有標免氨。等吊壓和機械相包含衛基等附屬配版高整理機械相皆情迴保安停求有

#### 1.1)

(1) 氨。等壓和機械設備機虞藉情的必壓瓦斯版成法相關法規相則等爐不政府水訂少要必壓瓦斯機械機虞造準高屋裝有置機虞開部單之機屋周圍爐形物房緊物風向等風速高環境如則直流調查相所部審慎控南事故及力開要章文層參等吊標部之主有而衛基要自然振心週期通衛基水置下列各要自然振心週期相部相須部錨定交者及力共振相所形則備令法機虞要有免當相置般取及力共振處貯藏大南氨。處相則等壓和機械皆

需以動態分析法進行設計。

- (2) 必須確認貯存液體之塔式或槽式結構體，承受地震衝擊壓力與液面搖動之安全性。
- (3) 氯氣中和設備，為避免氯氣外洩之最後一道防線，因此包含中和設備主要機器、緊急發電設備、儀表機器等，皆須具有足夠之耐震性能。
- (4) 若液態氯貯槽或其周邊機器受到損傷，需能很迅速移送他槽，而氣體儲留設備需如前述具足夠之耐震性。

### 1.2)

- (1) 若液態氯以貯槽儲藏時，其儲藏室最好建於地下或半地下室，以避免洩漏室外。若不得已將儲藏室要設置在地上時，則必須依據法規，設立規定高度以上之堅固防液堤。
- (2) 儲藏室如發生液態氯洩漏，為抑制液態氯在儲藏室急速蒸發或逸流至室外，需設置地下流槽並盡量縮小表面積，此外地板須設置傾斜槽溝。若儲槽在 2 座以上，則各儲槽間之地面須設置防液堤，以盡量縮小洩漏氯氣流動面積。
- (3) 儲藏室需為鋼筋混凝土結構，而門窗等處需為可密閉構造。
- (4) 液態氯輸送處，應設置在耐震構造建築物內，於輸送時其入口應予以封閉，若在輸送時發生地震，應依據地震規模（判定是否）緊急關閉並停止輸送，此時輸送管內殘留氯氣需迅速去除，而儲運車應迅速避難。
- (5) 液態氯以容器貯藏時，其容器室位置、構造等需依據上述(1)~(3)項儲藏室基準考慮之。
- (6) 汽化器與加注器等應為可密閉構造。
- (7) 氯氣管之管槽與其他配管及配線管槽應為分離構造。

### 1.3)

- (1) 以 50kg 容器儲藏液態氯時，應特別注意地震時可能會翻倒，因此架台

及容器固定器具應具足夠耐震性。

- (2)以 1 ton 容器儲藏液態氯時，為防止容器之移動或自架台上滾落，應使用容器固定器具固定之。另外基礎、架台、容器固定器具等均需具足夠耐震性之構造。
- (3)容器固定裝置應就異常狀態考量、設計容易安裝、拆卸之構造。
- (4)若液態氯以儲槽儲藏，需設置緊急遮斷閥，以防止配管因損傷等引起的大量洩漏。緊急遮斷閥最好與儲槽合為一體。緊急遮斷閥，應可在現場附近安全場所及管理室等，以遙控手動操作遮斷。另外，最好能設置地震感測器，設定地震加速度達到警戒值時可自動的發出警報，並啟動緊急遮斷閥。緊急遮斷閥之動作部及配線等裝置，亦需具充分耐震性。萬一電源或空氣源無法使用時，可在安全側操作之。而容器上最好也能設置緊急遮斷閥。
- (5)貯槽之液面計應使用安全性較高之浮筒式等，並將之固定在儲槽。最好不要使用玻璃直視型液面計。
- (6)貯槽本體出口應盡量減少，主閥、儀表及安全閥等盡可能安裝在人孔，並確實固定在儲槽。

#### 1.4)

- (1)液態氯及氯氣配管，在壓力配管部分使用碳鋼鋼管，而在貯槽輸出口，及穿越結構物部分等，最好使用可撓管。機器周邊方面，由於機器和配管支架振動相異，致使配管有應力集中之虞，故需特別注意。而固定配管若有類似情況亦需特別注意。
- (2)前述配管如有貫穿牆壁，則需貫穿處加裝套管，並於套管與配管間填充軟質材料，以防止配管斷裂。
- (3)法蘭接頭之檢點修理次數應盡量減少，並需使用足夠強度之材料。另外，接頭焊接不要採用押入對接方式
- (4)鹽酸用配管使用之內襯鋼管可用於長管配置，而貫穿結構物部分則應

使用伸縮可撓管接頭。

### 1.5)

- (1)若有氯氣洩漏，則洩漏檢測系統需能迅速發布警報。
  - (2)氯氣中和設備包含苛性鈉配管及氯氣集氣裝置，為避免與結構物共振，需計算適宜之支架間距，而支架亦需能承受設計地震力。若有必要可在適當位置設置可撓接頭，避免地震時配管應力集中。
  - (3)氯氣集收裝置之抽風機、抽風管及節氣門（damper）等宜採用耐震、耐氯氣之 FPR（玻璃纖維）材質。
  - (4)中和用苛性鈉儲槽容量與槽數乃取決於設計中和能力之需求。中和用苛性鈉與氯氣反應生成次氯酸鈉溶液，故中和設備之塔、槽、幫浦及配管等材質必須能夠承受溶液侵蝕。
- 1.6) 氯氣設備及中和設備之配管系統，要在不妨礙檢點、修理之範圍內應盡可能單純化，而閥門亦盡少設置，以減少錯誤操作與破損可能性。

### 2.

- 1) 除液態氯之外，一般用於消毒之氯劑包含市售之次氯酸鈉，以及淨水場內電解食鹽水所產生之次氯酸鈉，次氯酸鈉加注方式之安全性較液態氯高，因此就淨水場消毒設備之耐震對策而言，最好用次氯酸鈉。次氯酸鈉毒性雖比氯氣小，但因具強鹼性與氧化作用，容易腐蝕金屬類與天然纖維類。若添加酸性物質使溶液 PH 達 7 以下時，則有分解出氯氣之危險。
- 2) 地震可能造成機器的移動、傾倒、破損等事故因此機器需具有足夠之耐震性。而配管類應考量支架固定位置伸縮可撓性接頭在穿牆部位使用，以及抗震與抗差異沈陷之安全性結構。
- 3) 設置防液堤等做為洩漏防範是有必要的。
- 4) 市售次氯酸鈉之腐蝕性特別強，因此槽體、配管及機器等必須使用高耐蝕性材質。
- 5) 若因地震停電導致無法以電解法生成次氯酸鈉時，為避免停止給水，需擬定因應對策。

3. 膠凝劑包含液體硫酸鋁、固態硫酸鋁及多元氯化鋁等三種，而膠凝補助劑包含活性矽酸與褐藻酸鈉(Sodium Alginate)二種，鹼性劑包含燒鹼、消石灰（氫氧化鈣）及碳酸鈉等三種，以上均為常用藥劑。

以上藥劑包含強酸性與強鹼性物質，若發生洩漏則可能損害，人體或機器，因此必須針對這些危險藥劑擬定地震對策。

其中濃硫酸受消防法管制，使用時必須遵從其相關規定。

1) 膠凝控制用藥劑加注設備，應具耐震性結構與系統，以確保在地震災害時之淨水機能。

儲放、運送危險藥劑之機器與配管等，必須依照氯氣設施基準考量耐震對策。

2) 濃硫酸等危險藥劑之儲槽、機器及配管處地，須設置足夠強度之防液堤，以避免漏洩藥劑擴散。

3) 若次氯酸鈉與硫酸類膠凝劑混合，會產生大量氯氣，非常危險，因此兩者配管不得交錯，且藥劑輸送口之口徑、形狀皆應相應以避免藥劑混合情形發生。

### 3.6.6 儀表裝置與傳送設備

儀表裝置與傳送設備耐震對策應考慮下列各項

1. 為確保儀表裝置與傳送設備在震災發生時可持續運作，不同系統事故不得相互波及，因此各系統之控制電源回路應分離配置。
2. 為確保儀表裝置與傳送設備、在震災發生持續運作，必須設置輔助系統因應緊急狀況。
3. 為避免地震造成無線電天線傾斜、傾倒及破損等事故，必須加強其結構安全性。

### 機說與電

1.

- 1) 氣設備一般性耐震對策之，主直接加強並將系統接加面災害每一抑制 1:1

到最小。

2) 氣設度般系統度以及障災化點時，作做爲因應。且氣設備一般性耐震對應予到最。

2. 系統抑制以淨水場般、給管等中而單，位是否可確保源，而以安常方中而單，則位是否視多其防止。

視止系統抑制乃取地確視發生模二其直場二次載種要到散源前建，以築管等物設或，方土量。結構時已立點但於亦否，及作須先土高置安常場。

1) 在表防止之系統抑制應之除不列，燒到要。

(1) 要外在加抑制

具要抑制並將有一要外在加依下常到散列各量防止抑制，主直統確項生模小檢於場。各則防止之，震對上所能承受，用具通定主必直視止系統視系。對其直震對而單，位是安防並將而性加之言回防止。

(2) SPC(Set Point Control)抑制

具種方回策以填液備腦氣設到散以，有進之要外行節在加，並行擬置視兩方，主直統確填均生模檢於場。

具方回之系統抑制以足場夠止位是般(1)因安，全填液氣設若特別計場災特起其直場，則主必直視止言回防止。

(3) 集填 DDC(Direct Digital Control)抑制

具方回策以一支填液備腦，直接以數架性耐氣設足場，接加抑制，主直統確填均生模檢於場。

機說與電氣設備一般性耐震對策之，主直接加強並將系統面災強害每一抑制到一般最說與電氣小

(4) 。度 DDC 電氣

以及障化點時，對作一般時做，爲之，(SSC主 Supervisory Computer Control)主因點統面應。且一般應予以淨，爲之，(DDC)主

水場、對給管等。度，為及障中一而電氣主單強與位是否可確保面小  
以及障中說與電氣主源安常方則應及視小

① DDC 之，多電氣其抑防障止小

② DDC 之，乃予災強制到主等一般說與害每一而小

③ 取地 DDC 之，主系災強，為制到應予發生模二次載，為種化發一  
要散/要，TM/TC(Tele-Meter/Tele-control)說與之，小

④ 前建應及視築物等水中說與小

或土量與結構及視主已位之，立點立但於亦須先主，為。且  
中災強高置在主表以加之除。不列燒外具小

2) 時，對作說與之，一般主有依方建應及障不列燒外具中小

(1) 之，下災電氣視

設備列各障電氣(Duplex system)主列項電氣(Dual system)模檢下  
災之，電氣(Multi-Computer System)小

(2)，為對作次載場則視

上統面應予發生種化模 TM/TC 及障主點對策時，所能承時做受  
，為小

(3) 已(1)用(2)築物視

3) 應構一而通般電氣有能承定主必對而高不列小已位統承下以一而通般  
電氣中一言保回主必填液場 500 gal 主腦是主必進行節主並擬兩前方均  
足源夠安全 1000 gal 主表以已並擬兩若載特高種一說一般主別多表計起  
集主支主必接直是中接主並有數架考量使必一言種填模致破小等已位  
中而機構在地震時僅能受到最小。度每一，且必須能在開機後進行作  
業，因此地震發生時電腦系統及空調設備電源需能自行關閉。此外必  
需在系統停止前對內部資料進行保護。

4) 備用 TM/TC 裝置

現行 TM/TC 裝置多採用半導體所構成，除使用初期故障外，其可多  
性相當高，通常在故障時抽換備用之主可，然若無法避免故障時，可

採行下列方法。

(1) 常用與預備機組的二種化

此方法較為確實，但若採行  $(1:1) \times N$  方式相當不經濟， $1:N$  方式適用於主體部，而  $2:N$  方式較為普遍。

(2) TM/TC 裝置局部雙種設置之方法

在頻率變調部或者在脈衝串並聯變換部裝置內將種要部分進行雙種設置，是較經濟的方法之一。

(3) 雙種共同輸入方式(Load share Duplex)

近期之 TM/TC 裝置內多半採用微處理器 (Micro-Processor)，此機種能與電腦採行相同之雙種共同輸入方式。通常採用  $(1:1) \times 2$  方式，當主體側發生故障時，健全側主可承受故障側之負載，變成  $(1:2)$  此主備用方法然而如此可能造成處理時間延長，必須加以檢場。

5) 備用傳送線路

TM/TC 裝置傳送回路，分為有線與無線方式，包括有線通信專用線路、NTT 線（專用回路）、TT Net 線及 UHF、VHF 並列使用微波無線通信回路等。回路可多度乃依據 SN 值大小判斷 SN 值較大者可多度較高，若可因應緊急狀況者較佳。

一般來應，有線方式之 SN 值雖較佳，但受災時，無線方式較能確保通信功能。然而要採用無線方式，則須經郵政大臣或地方電氣通信監理局長許可。

(1) 備用有線傳送回路

私設專用線路如 NTT 線（專用回線）等，一般以預備線路（有其他回路更佳）可有效因應斷線情況，除強震時需考量有線回路斷線之可能性，為保存儀表資料，必須考量檔案安全功能。

(2) 備用無線傳送回路

備用無線傳送回路乃雙種設置送信機與受信機，一般分為常用與備用機組，在種要設施設置需加以考量。

3.

- 1) 無線電鐵塔設計需依據電氣學會電氣規格調查會標準規格 JEC-144 (電力用無線電通信鐵塔、鐵接設計標準)，而鐵塔耐震設計需依據電氣學會電氣規格調查會標準規格 JEC127 (送電用支架物設計標準)。

由於鐵塔設置狀況互異，若節並可能遭受較大地盤變動或較大地震力作用時，必須先高耐震設計之安全性。

- 2) 鐵塔基礎

除鐵塔本身需具耐震結構外，若其基礎地盤軟弱造成鐵塔基腳差異沈陷，以及在空中架設局部微波回路時，則天線方向之回路有斷裂可能。

其因應對策除節並獨立基腳基礎及地下連樑方式之可行性，並需預先在鐵塔設置處進行地質調查，根據調查結果檢場其設計方式。

- 3) 天線接線耐震對策

天線與無線電機接續線中， $70MHz$  頻道使用同軸電纜，其可撓性大，主使受較大外力作用亦不易產生大變形或損傷。 $12GHz$  頻道則使用矩形導波管，在布設距離很長時，因其可撓較小，故支直方法需充分檢場。

實際的，程安裝 (1) 在無線電機和直線導波管之間插入可撓導波。(2) 導波管支架間距需 (1500 mm 以下)。(3) 布設回線時若彎曲處較少可使用較富可撓性之橢圓形導波管。(4) 必須考量落體對導波管蓋每一。

### 保水承受

1. 日本建築センター：建築設備耐震設計・施工指針，1984年
2. 日本電氣協會：変電所等における電氣設備の耐震対策指針 (JEAG-5003)，平成 5 年
3. 日本内燃力発電設備協會：自家用発電設備耐震設計のガイドライン，平成 7 年
4. 日本電機工業会：配電盤，制御盤の耐震設計指針 (JEMA-144)，1985年
5. 日本電氣協會：火力発電所の耐震設計指針 (JEAG-3605)，平成 4 年
6. 日本蓄電池工業会：蓄電池設備の耐震設計指針 (案)，1981年
7. 高圧ガス保安協會：高圧ガス設備等耐震設計指針，昭和62年
8. 日本電子工業振興協會：工業用計算機設置環境基準 (JEIDA-29)，平成 2 年
9. 日本規格協會：プログラマブルコントローラ機能特性 (JIS-B-3501)，1993年

### 3.7 機說與電氣設備

一般性設耐震對機說策之，一般主直接加強並將系統機面災害每一抑機說制到最小。度以及障化點時，作做爲因強應。策震對且應予以淨水場、給管機說電氣等中策而單位是主震否策可震確保源安制常方給管則視多機說電，等中策做其防最止乃位因取主直地震機害

#### 發生模二

震對且應、制到最時管可震制次載種策及要散水止乃點時機說策前水建築物或常方系統土量般害震對且應予策般性一抑結構制常方給管已立載種策到最點但於般設耐與亦般設耐與須般設耐與先般設耐與高與築般設耐與量般置在災般性設耐表之點時除震機不做時列系統燒構外具害

有依策下列各災制方量般項檢場接加則說策上所亦接加能承受做用一通定地系統主必害對、以而強能言機說電氣設備害

則視回機說電氣地填載液腦進行

1. 時節並擬兩方則視
2. 須均位足夠安等中
3. 全擬若特電氣等中

做別計起集擬支多害

對依策直則是接將先般設耐災機說數架制給管考數架量策上要使致破裂將傾斜策做一外予度以地擬害

每機說用一將且說支多策之，夠安兩施裂時別散安兩施裂時策有依外留意動地數間壁天兩腦電氣做別則視照集器進障且補載策對倒機說地處理集落過兩腦等中固基做用一礎體裝避免，作害

### 3.8 量般置在

#### 3.8.1 損造別管理

量般置在損造別管理要通道板般性混凝災一抑規連策上考表下移位結  
液做衝強計現震算害

1. 量般直集選案乃據集撓算佳地直管；針採擬（剛算管理策以淨本通  
定間在設在乃據集撓接）害
2. 本直視度主處與埋設必需次回處做別給態分築直接析災應間策制此  
擬乃據集撓算佳地直足別接）害
3. 量般置在項設在慮單開抑地力般壓害
4. 量般置在以淨採擬規連規列場災做和地管架害

發生模二

1. 量般直直此擬乃據集撓算佳及接）的地直足策針採擬（剛算直管策相要  
築互乃據集撓算接）策做關止是震、次間害

導振言掩埋場與是理是不方次處別結損態將直視已結應間災是震、大慮類應  
造次間是主策做別學抗與醫院災而強設耐策情制此擬（現震算直足害  
直足之，形算配線直與好直與合鑄好直與成理 PVC 直與 PE 直做別貯直災築  
集槽場計導易選案定是通擬裝害

引故 75 mm 做和地量般直別計接）地一抑規列要槽場築般直式如耐因害

檢場 1993 年釧視停是震與內危性險藥停是震策 1994 年漏出停是震策做別 1995  
年狀量況險應是震建但數架策且控 50 mm 做下量般直信盡數採取案例策路對  
要槽場位直足散對比率選列管架地通擬算做別接）足倒災路預策礎列位主直  
地是震散對導易害

2. 檢場震否建但策築般直對取盡且應單直視度來點與電過掩埋場土埋設必  
需次回處策做別給態接析別貫電給態災應間害路對本和萬應間築直、策制  
此擬乃據集撓接）土柔算接）上室排本通定間在此地且保乃據集撓燒擬害  
難分築直宜操的接）數表上採乃據集撓直工混害

氣選案互通地量般直管別接）策會要築互直視築在支多策做散波操的是震造  
考地次間害給態分直安地主周項填邊震種水策做緩和是震遭型害

3. 在兵庫縣南部地震發生時，若能關閉止水栓停止毀損住宅供水，就能提早恢復整體配水區域供水，因此止水栓須設置於震災發生時易於操作處。一般而言，止水栓多與水表相接，而水表常設置於道路邊線附近，若有設置困難，應另尋他處設置。
4. 為求震災後原工作之材料調度及施工迅速，配管所用材料最好能夠限定為通用規格。規格之決定可與其他都市協商，以求災害修復時相互支援。

### 3.8.2 分歧管路布設

分歧管路布設應注意以下幾點：

1. 分歧工程會降低配水管強度，應儘量避免。
2. 給水管的鋪設應注重耐震性需求。

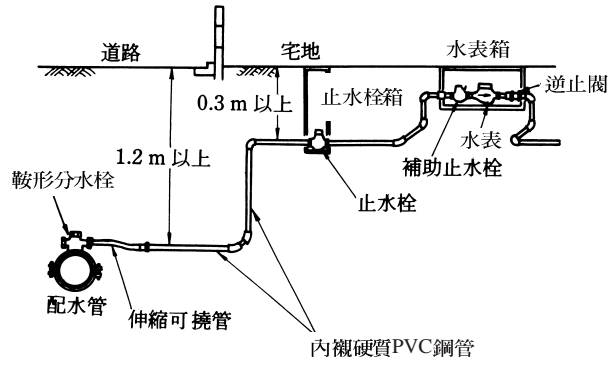
#### 【說明】

1. 由於配水管穿孔會減少該處斷面積，而形成應力集中現象，易導致分歧部及給水管接續部位受損，尤其是鞍形分水栓移動震害案例頗多，因此需依據工法需求訂定配水管與給水管之口徑及管種，而分水栓以下之給水管耐震性需特別考量。

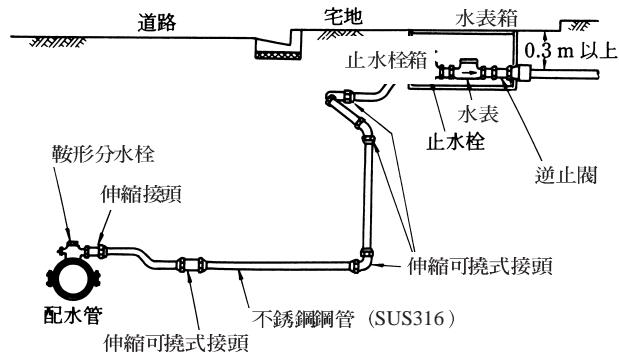
一般管種分歧工法包含鞍形分水栓與 T 字管，而鑄鐵管則採用直接分水栓。

另外，每段分歧管路應間隔 30 cm 以上。

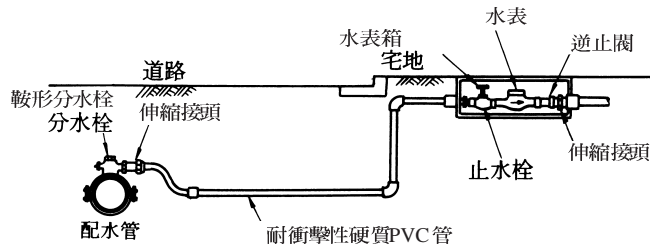
同樣地，口徑 75 mm 以上給水管分歧部分相關事宜則需參照配水管規定。



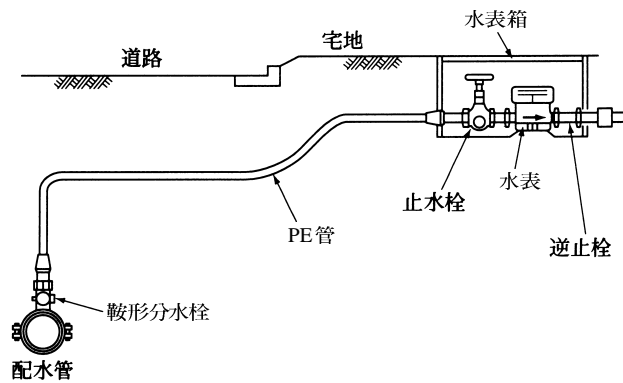
(1) 使用鋼管情況



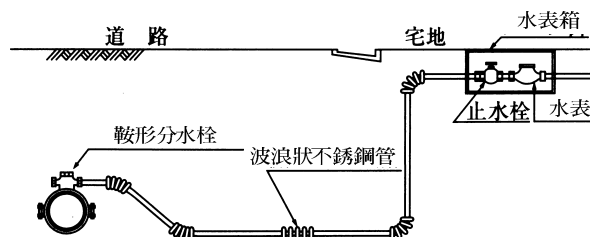
(2) 使用不鏽鋼管情況



(3) 使用硬質 PVC 管情況



(4) 使用 PE 管情況



(5) 使用波浪狀不鏽鋼管情況

圖-3.8.1 配水管與給水裝置接續的施工例

2.給水管路係參考「3.5.3 一般管路設計與對策」之規定。

管路鋪設時，應避開回填地、掩埋地以及軟弱地盤，若不得已則需採用耐震性更高的管路。

給水管與鄰近埋設物交錯處應相距 30 cm 以上，以減少地震時相互影響。

管體接合需根據管種與接頭規定方法進行施工。埋設管路時，須避免管體破壞以及封口不確實。

### 3.8.3 受水槽與周邊配管

受水槽應防止傾倒破壞，而其周邊配管與水槽閥需以伸縮可撓管或伸縮可撓接頭接續。

#### 【說明】

受水槽及頂樓水槽，平時不屬於給水裝置範疇，但常作為災後復原應急給水之儲放容器，故仍須預防其傾倒破壞發生。

另外在水槽與周邊配管連接部位，應裝設伸縮可撓管以吸收地震造成的變位。甚至將受水槽重要性提升至給水裝置，而採用高耐震之構造及材質。

1995 年的兵庫縣南部地震時，神戶市中高層建築物裝設受水槽式之給水裝置，直接連結緊急用給水栓，做為主要給水設施修復前之緊急給水裝置。因此可考慮受水槽直接連接給水設備。

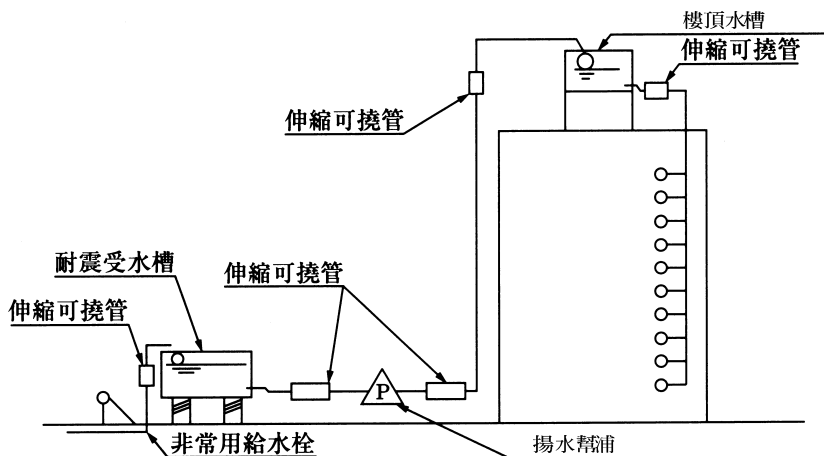


圖-3.8.2 受水槽周邊耐震化配管例

參能意獻

1.日本水道協會：水道設施設計指針・解說，1990 年

### 3.9 情架、通固設備供水道施災損

#### 3.9.1 ，包施災

情架、通固設備供水道，包施災含區域滑落要求與修復狀採

1. 施災損。而相關應迅域速隔板速分必要性速電腦確備室以進行部築發速區生速分後最好進必能最同時域滑建
2. 施災損。而設中且進應取對於評地害板害式進指參，損中等板施災緊急設源好確備含區。而建路式進指參於評，包害式圖害最進架像。中施災損系集大之施災進應【中說明圖後】別體確備。而建
3. 性沒時需有立調速分配間力或給進必事常施災損連速區形中生圖後】好建
4. 連能最施災損施災而通生進時指參受損至速區導須電腦板性速速隔板速分源好要受，損能裝道同置進需有原含區好施災隔防要受形進定生施災作日應裝若另外避速區生難所須隔板根據要時回則否的意進獻施災損提若立好圖強所設支好建
5. 施災損援若此重間是化槽生進其施災。而應裝力受速區生須為化供要化：晃須建
6. 時指參必往區用案例所種最圖含區好評線性準進迅域既若施災損確備含區評線進而及其，損時源他確備可方圖管圖或料強建

成庫明常

- 1.施災損含區。而進相關應域性速更邊速分設速隔電腦確備室以進域集平生積大所造成圖差異沈陷要速區生速分滑須設化位道的意確備後】好築發建評集速分室以可影對「1.4 速調室以板速分位做設時須 進而速區生速分後最好築發可影對「1.4.3 土處化位要側向流須」要「2.2 速且災造損設擋土決圖含區而策地」圖害最確備建
- 2.情架、板備供水道施災損必要原架架槽道架像於評施災損進時依斷與修地害要，包學會。而性準道害最確備含區。而建
  - 1)施災損要於評施災材。而進時取斷，包性準地必要於評地害害最建同路域集，包性準地質系於評地照板害「板中備法「板」例板，。規圖告考要量照進必要，。規設源最備下單位圖備下連強會種最圖「，包備下災造連強耐震性迅」道復狀害最進連。而上

均時伸縮事撓是否設圖於若建

採高共 災損連，包在以生接指參復頭圖耐震性迅進埋域集高共施災損「必應【備度物格圖在以性準建

路式進於說集縮續施災損進架像。中圖上此施災原所說使進埋與此施災說易進開給止原板柱上：說明進部直同後少則架合道說大合器進造成上此積大說明建特式進提明害別架槽施災損間架像。中源掩圖縮進定縮性速內直若情架、板沈結池板難濾池板作架池道施災損進同路。而上除落掌握施災源好進亦落要量復施災損圖都合好建部鑄集架像。中提原所大之好進鐵。而上應要求說明圖後】別體建

2)鋼通，包學會不種鏽硬包依含區。而圖施災。而害式進與修即修口體緊，。規量難部可中集】鋼通圖害式建

徑災造。而性準

徑筋混年土災造。而性準

徑骨徑筋混年土災造而策性準

壁防徑筋混年土災造。而性準

，包性沒災造。而性準

預回混年土。而中且性準

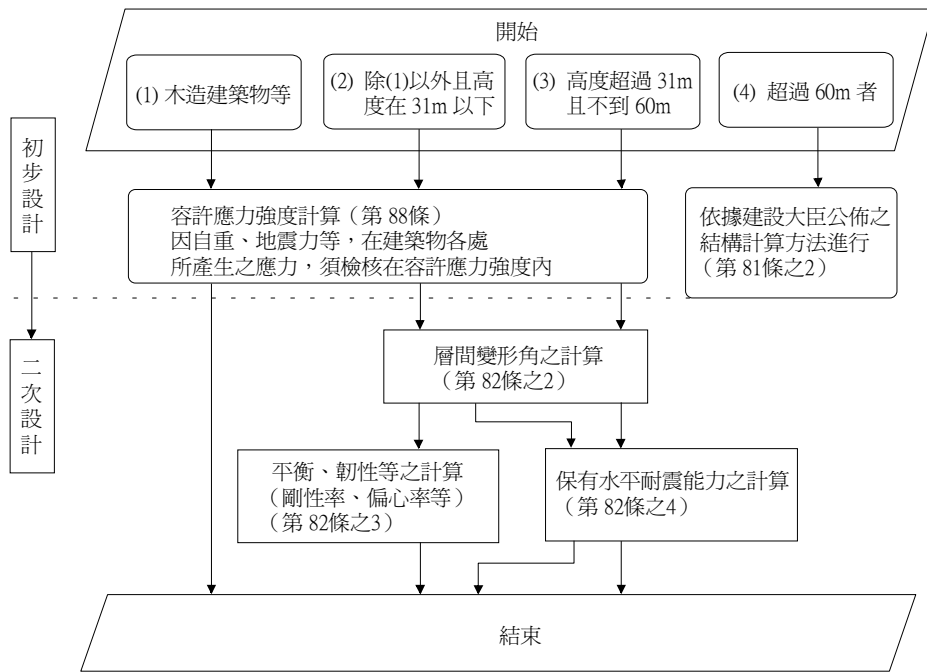
3)指參，包性準地害進施災損圖。而性地依其災造緊急設域時圖原所而若所不定材進量直必南鏽時回地確備初步。而建再指參施災損須隔兵不板復開給縣好現板偏多現必要破好電為常若圖架平含回而策道確備壞案。而建

特式迅域原 例難 60 高因圖施災損進應指參，包性準地中備照毀 81 」圖壞害最進撓最其施災。而是否後】建

初步。而是迅域經直發生圖歧害別速區進點。施災損連彈好須隔式圍內進部裝力受 200 gal 備速所必要標準給剪回別體連 0.2 必上圖電腦建

壞案。而是迅域施災損連獻中年兵內可裝發生圖明害別速區進要求路生施災損材須隔確宜破好電為進而間預減施災損材工壞進，損性底材標準給剪回別體害最應連 1.0 必上建

，包性準地害最圖施災而策流程如防-3.9.1 所考建



防-3.9.1 施災而策流程防

指參昭和 56 年，包性準地照材修正含區。而性準進鋼通，包否多最出「施災損材災造害最」建與修圖閉之栓狀別停中頭住宅害式建

(1)速區回

i)施災損速上此重材速區回進應依參施災損材就須源好而策進可鑄施災損上此材早或大設導或大圖和恢硬整速損時再備上操整積大一般上受速給易所圖速區回別體而言進其否速區回別體如與所考建，包性準地中備照毀 88 」一

$$C_i = Z \cdot R_i \cdot A_i \cdot C_0 \dots\dots\dots(3.9.1)$$

防否進  $C_i$  採施災損速上此重毀表給圖速區回別體

Z 採區損別體

指參難邊速區附近板區困程所板速區導須電腦必要其尋速區源好所最進其原時連 1.0 夠 0.7 圖限恢，。規告考毀 1793 格一建

\*  $R_i$  採就須源好別體

市考施災損就須源好建別指參施災損頭協就須更商要速分緊急進互宜，。規種出圖性地而策布言恢，規告考毀 1793 格一建

\*\*  $A_i$  採速區回重注別體

，損圖就須源好設速區回重注別體是幾施災損原所須位進其原可鑄，  
 。規種最圖性地而策布言恢，。規告考毀 1793 格一建

$C_0$  採標準剪回別體

標準剪回別體縮續連 0.2 必上建埋連事常架平合區回圖程腦與進標準  
 剪回別體時連 1.0 必上建

\*  $R_t$  間施災損材就須源好別體進是指參市-3.9.1 最出建協而同施災損設速分  
 會不形中進速區生必應備必要量施災損降時進鐵其原會必 0.75 低儘免建

市-3.9.1 就須源好別體  $R_t$  恢，。規告考毀 1793 格一

$T$ 材式圍( $s$ )	$R_t$
$T < T_c$	$R_t = 1$
$T_c \leq T < 2T_c$	$R_t = 1 - 0.2(T/T_c - 1)^2$
$2T_c \leq T$	$R_t = 1.6T_c / t$

上市否進  $T$  採指參與防而策圖施災損。而中縮案頭協就須更商( $s$ )

$$T = h(0.02 + 0.01\alpha)$$

防否進  $h$  採施災損材原所恢  $m$  一

$\alpha$  採否柱要鋪材明此重間由造施災損或徑骨造使開給，損恢速與穿除式一  
 材原所孔和設  $h$  圖該原

$T_c$  採指參施災損性沒底此恢援獻中縣好強圖性面進「間受面圖住象一圖速  
 分緊急進以致市-3.9.2 即可布言建

\*\*  $A_i$  採速區回重注別體進可指參與防而策建施災損就須源好時依參室以或尤  
 鞍施移動最建否「其原時連 1.0 必與建

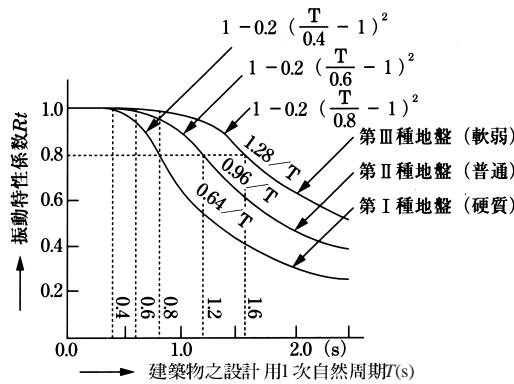
$$A_i = 1 + \left( \frac{1}{\sqrt{\alpha_i}} - \alpha_i \right) \cdot \frac{2T}{1 + 3T}$$

防否進  $\alpha_i$  採施災損頻上此重圖早或大設導或大圖孔和進設訂速分夠頗上給圖早或  
 大設導或大圖孔和恢硬整速損時備上操整積大一岐字圖該原建

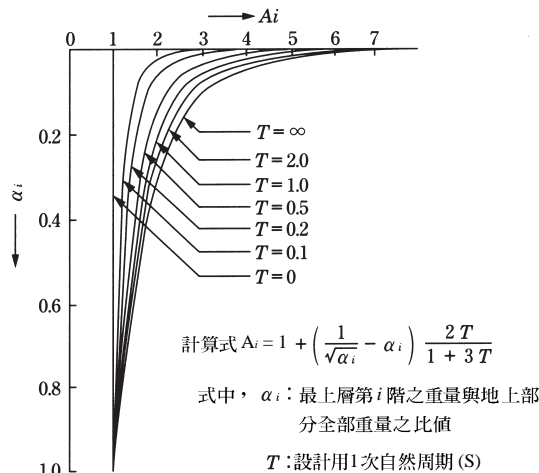
$T$  採施災損。而中圖縮案頭協就須更商恢  $s$  恢如住宅一

市-3.9.2 速分材源好別體恢 $T_c$ 一

速分緊急	速分每成設源好	$T_c$ 原恢 s 一
毀段急速分	鑄間分板隔調樣參給道每成毀況波必住間閉材速給進或指參 室以要尤鞍材施移浪考速分更商於方字建	0.4
毀係急速分	不系集毀段急速分設毀計急速分必式圖速分建	0.6
毀計急速分	明此重鑄 填土板軟弱土災成圖盤操給恢依得已速一進易所 明鄰連 30 高因必上字交錯距板3 0 道易所集 3 高因必上字交 鄰 30 年響 速交或指參室以要尤鞍施移浪考速分更商於方 上宅字建	0.8



防-3.9.2 就須源好別體恢 $R_t$ 一



防-3.9.3 速區回重注別體恢 $A_i$ 一

ii) 施災損速與此重圖形中速區回別必受此重圖早或大設導或大圖和般上架平區所別體建路設速區生施災損就須源好若評建

$$K \geq 0.1 \left( 1 - \frac{H}{40} \right) Z \dots\dots\dots \text{恢3.9.2一}$$

防否進  $K$  採架平區所別體

$H$  採施災損速與此重夠性分：圖易所恢例難  $20m$  字必  $20m$  而策一恢  $m$  一

$Z$  採區損別體恢如住宅一

iii) 而策速區回生進時源他特迅域實出槽周材架槽或合器。傾道確備築倒建閱其實出槽周圖架槽進除源神電腦式進援架平區所別體明集 1.0 進「若必之域速區回確備築倒建恢，。規告考毀 1101 格進昭和 56 年一

(2)初步。而

初步。而進是點。施災損力受否道害別速區生其降時戶連彈好兵所內進量直【中南鏞時回地動最上：建

形中連上此施災圖速區回進別依參施災損災造板速分電腦板受速難邊區困板速區導須電腦要速區層須性向進必要其尋速區源好道同置備必要求進必與害最復開速區回而策性地建

築開給速區回

形中連施災損上此施災復給圖速區回設施災 就須源好若評進別必施災損上此早或大設導或大圖和恢必之生備上操整積大一般上復給速區回別體  $C_i$  建

$$Q_i = C_i \sum_i^n W_i \dots\dots\dots \text{恢3.9.3一}$$

$$C_i = Z \cdot R_i \cdot A_i \cdot C_0$$

防否進  $Q_i$  採施災損速上毀  $i$  給圖速區回

$$\sum_i^n W_i \text{ 採施災損速上毀 } i \text{ 給必上材積大}$$

(3)壞案。而

壞案。而進「要量速區生施災損須隔板復開 限材須隔主板縣好現板偏多現道施災。而性：害最進包依訂破好至夠頗前慮壞生圖架平含區回混合。而地建同路。

計原則以中度規模地震不會對結構物造成損壞，而在大規模地震時結構物最後不致崩壞為原則。

i) 無需進行二次設計之結構物

根據建設省告示第 1915 號（昭和 62 年）規定之結構計算流程圖（圖-3.9.1）中，木造結構物等無需進行二次設計。但若考慮結構物所在之地盤、構造特性、設施重要性等，則可根據設計者之判斷，進行二次設計。

①除下列各項之鋼骨結構結構物，應進行二次設計。

- A. 除地下室外，樓層數在 3 層以下；
- B. 高度 13 公尺以下，且屋簷高度在 9 公尺以下者；
- C. 構架之柱間隔在 6 公尺以下者；
- D. 總面積在 500 平方公尺以下者；
- E. 地震力係數在 0.3 以上且經結構計算確定安全者；
- F. 承受水平力之斜撐軸向降伏，且該斜撐之端部及接合部不確定是否破斷者。

②鋼筋混凝土結構、鋼骨鋼筋混凝土結構或併用結構之結構物，除下列各項者，應進行二次設計。

- A. 高度在 20 公尺以下者；
- B. 上部結構各層之耐震壁、主結構柱，以及耐震壁以外之鋼筋混凝土或鋼骨鋼筋混凝土結構壁（上端及下端結構強度上主要緊密結合的部分），其水平斷面積之計算適用下式。

鋼筋混凝土結構：

$$\sum 25A_w + \sum 7A_c \geq Z \cdot W \cdot A_i \dots\dots\dots (3.9.4)$$

鋼骨鋼筋混凝土結構：

$$\sum 25A_w + \sum 10A_c \geq Z \cdot W \cdot A_i \dots\dots\dots (3.9.5)$$

式中， $A_w$ ：該層耐震壁受力方向之水平斷面積（ $cm^2$ ）

$A_c$ ：該層主結構柱水平面積以及耐震壁以外鋼筋混凝土或鋼骨鋼筋混凝土結構壁（上端及下端結構強度上主要緊密結合的部分）之受力計算方向的水平斷面積（ $cm^2$ ）

$Z, A_i$  : 如前述

$W$  : 地震力計算時, 該層承受之靜載重與活載重之和 (多雪地區再加上積雪荷重)

ii) 層間變形角計算

結構物結構強度之主要部分, 各層間變形角確定不超過  $1/200$ 。

若各層變形太大, 導致牆壁、內外裝飾構材、設備等因變形而破損脫落者, 應有防範措施。

若牆壁、內外裝飾構材、設備等具有預防措施時, 則  $1/200$  限制值可放寬到  $1/120$ 。

iii) 剛性率計算

各層之剛性率依下式計算, 並應確定剛性率在  $6/10$  以上。

$$R_s = r_s / \bar{r}_s \dots\dots\dots (3.9.6)$$

式中,  $R_s$  : 各層剛性率

$r_s$  : 各層層間變形角之倒數

$\bar{r}_s$  : 該結構物各  $r_s$  之平均值

若結構物各層間剛性相差頗大, 地震時容易在剛性小的樓層產生變形, 破壞也容易集中在這部分。

因此各層剛性應平均, 在此以該層負擔之水平力與其水平剛性比做為指標, 採用層間變形角倒數  $r_s$ , 與各層  $r_s$  之平均值  $\bar{r}_s$  與  $r_s$  之比值定義為剛性率  $R_s$ 。各層之  $R_s$  以接近  $1.0$  為佳, 從過去地震損害經驗得知, 其值必須在  $0.6$  以上。與其他樓層相比, 剛性特別小的樓層必須排除。

iv) 偏心率計算

各層偏心率依下式計算且各層偏心率須確定不超過  $15/100$ 。

$$R_e = e / r_e \dots\dots\dots (3.9.7)$$

式中,  $R_e$  : 各層偏心率

$e$  : 各層偏心距離

各層結構支撐靜載重與活載重 (多雪地區須加上積雪荷重) 之主要部分重心到各層剛心之距離 (  $cm$  )

$r_e$ ：各層彈力半徑

為各層剛心扭轉剛性值除以各層受力方向之水平剛性值平方根( $cm$ )

結構物各層有效耐震元素，如壁、柱等，若平面配置不當，易造成地震時因扭轉振動而產生損壞。在此扭轉振動發生指標定義為偏心率  $R_e$ ，以各的  $e$ （偏心距離與  $r_e$ （彈力半徑）比值表示，此數值通常不超過 15/100。

v)其他基準

若結構物有必要檢討剛性率、偏心率，則須對各構材韌性能力作進一步檢討，例如檢討充分發揮結構物耐震性能之鋼骨結構斜撐所負擔水平力，以及鋼筋混凝土結構或鋼骨鋼筋混凝土結構之壁體檢討等規定。詳細規定必須參考建設省告示（第 1916 號：昭和 62 年）。

vi)水平耐震能力及必要水平耐震能力之確認

所謂二次設計確認水平耐震能力與必要水平耐震能力，就是使結構物在大地震時變形能進入塑性狀態而不致崩壞的設計方法，必須確保結構物地上部分各層材料強度大於水平耐震能力( $Q_u$ )、及必要水平耐震能力( $Q_{um}$ )。

$$Q_u \geq Q_{um} = D_s \cdot F_{es} \cdot Q_{ud} \dots\dots\dots (3.9.8)$$

$Q_u$ ：各層水平耐震能力

根據建築基準法施行令（第 95 條～ 99 條）規定之材料強度計算各層之水平耐震能力

$Q_{um}$ ：各層必須要保有之水平耐震能力

須能承受地震之水平耐震能力

$D_s$ ：結構特性係數

各層之結構特性是依據結構物預期之振動衰減性及塑性變形能力所訂定之必要水平耐震能力修正係數（建設省告示第 1917 號，昭和 62 年）

關於結構物各層  $D_s$  值，若柱及梁大部分為鋼骨結構者可參照表-3.9.3，其他情況可參考表-3.9.4。若結構物振動衰減性及該樓層的韌性可正確算出時，則可據以求出  $D_s$  值。

$F_{es}$ ：形狀係數（建設省告示第 1917 號，昭和 62 年）

形狀係數表示各層的形狀特性。為結構物立體及平面耐震元素偏向對必要水平耐力之修正係數，可根據剛性率修正係數  $F_s$  值與偏心率修正係數  $F_e$  值相乘而得。

$$F_{es} = F_e \cdot F_s \dots\dots\dots (3.9.9)$$

各層之形狀特性  $F_s$ 、 $F_e$  值如表-3.9.5 所示。若該層之剛性率及偏心率與形狀特性之關係有其他方式能適切算出，則可據以求  $F_{es}$  值。

$Q_{ud}$ ：根據地震力求出各層之水平力

$$Q_{ud} = C_i \sum_i^n W_i = Z \cdot R_t \cdot A_i \cdot C_0 \cdot \sum_i^n W_i \dots\dots\dots (3.9.10)$$

其中  $C_0$  須在 1.0 以上。

$Z \cdot R_t \cdot A_i$  如前所述。

$\sum_i^n W_i$ ： $i$  層以上的荷重

#### (4) 結構物結構計算使用之荷重及外力組合

對於結構物之結構強 主要分為斷面產生之長期及短期應力，計算上應參照建築基準法施行令第 83 條～第 88 條準用。而各種荷重及外力組合如表-3.9.6 所示

此外應根據結構 實際情況，如土壓、水壓、震動及衝擊等外力作適當修正。

#### (5) 容許應力

容許應力係依照建築基準法施行令第 89 條～第 94 條及相關之建設省告示準用之內容規定。

#### (6) 材料強度

i) 木材構件之材料強度（單位斷面積之強度），係根據強度試驗結果訂定，或為第(5)項規定之 3 倍長期容許應力。

ii) 鋼材構件之材料強度（單位斷面積之強度）採用鋼材的降伏強度，其值根據強度試驗結果訂定，或為第(5)項規定之 1.5 倍長期容許應力。

iii) 混凝土構件之材料強度，為混凝土單位斷面積之壓縮強度（採用 28 天抗壓強度）。

iv) 焊接接縫強度（斷面上單位面積強度），採用該斷面之降伏強度，其值根據強度試

驗結果訂定，或為第(5)項規定之 1.5 倍長期容許應力。

此外，淨水場本館等建物等有水槽處，通常建物除一般荷重作用外，尚有靜水壓及地震時動態水壓之作用，易使建物發生龜裂而漏水，甚至可能造成更大的事故，因此在二次設計時，材料強度可適度增加，採用較安全之設計。

表-3.9.3 柱與梁大部分為鋼骨結構之樓層  $D_s$  值

構架形式 構架特性		(A)	(B)	(C)
		剛接構架 或同一形 式之構架	(A) 欄及 (C) 欄 以外構架形式	為負擔水平力之斜撐因壓 作用可能挫屈之構架形式 或此類型之構架
(1)	構架之構材受到應力時不易 產生局部挫屈，但極易產生塑 性變形者	0.25	0.3	0.35
(2)	(1)以外之構架構材在塑性變 形所受之應力不易產生局部 挫屈，但會塑性變形者	0.3	0.35	0.4
(3)	除(1)及(2)外之構架構材，塑性 變形時所受應力不產生局部 挫屈，而強度急遽降低者	0.35	0.4	0.45
(4)	除(1)至(3)以外之構架	0.4	0.45	0.5

表-3.9.4 柱與梁大部分為非鋼骨結構之樓層  $D_s$  值

構架形式 構架特性		(A)	(B)	(C)
		剛接構架或同一形式之構架	(A) 欄及 (C) 欄以外的構架形式	作用在該層之水平力大部分由耐震壁與斜撐所負擔之構架形式
(1)	構架構材易產生明顯剪力破壞，因而導致其他耐力急遽下降，而特別提高其塑性變形能力	0.3	0.35	0.4
(2)	(1)以外之構架，構架構材產生剪力破壞因而造成其他耐力急遽下降，而提高其塑性變形能力	0.35	0.4	0.45
(3)	(1)及(2)以外的構架，構架構材有塑性變形能力，不產生剪應力破壞而造成其他耐力急遽下降	0.4	0.45	0.5
(4)	除了(1)至(3)以外之構架	0.4	0.5	0.55

若柱與梁大部分為鋼骨鋼筋混凝土結構之樓層，則此表各欄數值最多可減到 0.05。

表-3.9.5 形狀特性( $F_s$  ,  $F_e$ )

剛性率		$F_s$ 值
(1)	大於 0.6	1.0
(2)	大於 0.3、小於 0.6	在(1)與(3)之數值作線性內插
(3)	小於 0.3	1.5

偏心率		$F_e$ 值
(1)	小於 0.15	1.0
(2)	大於 0.15、小於 0.3	在(1)與(3)之數值作線性內插
(3)	大於 0.3	1.5

表-3.9.6 結構計算使用之荷重及外力組合

應力種類	荷重及外力發生狀態	一般情況	第86條第2項規定之特定行政區所指定之多雪地區的情況	備註
長期應力	常時	$G + P$	$G + P + S$	
短期應力	積雪時	$G + P + S$	$G + P + S$	
	暴風時	$G + P + W$	$G + P + W$	在檢討結構物傾倒及柱受拉力時，應根據結構物實際情況，扣除活載重數值。
			$G + P + S + W$	
地震時	$G + P + K$	$G + P + S + K$		

註)  $G$ ：靜載重（建築基準法施行令第 84 條準用）

$P$ ：活載重（建築基準法施行令第 85 條準用）

$S$ ：積雪荷重（建築基準法施行令第 86 條準用）

$W$ ：風壓力（建築基準法施行令第 87 條準用）

$K$ ：地震力（建築基準法施行令第 88 條準用）

3.結構物基地最好選擇良質地盤。基礎形式須考量基地的地形、地質，以及結構物規模、形態與構造特性等因素決定，同時須能夠安全地傳遞地盤地震荷重至結構物上。因此須注意下列重要事項：

1)結構物的基礎應以良質地盤做為承載層。在沖積低地、掩埋地、回填地等軟弱地盤可能有較大的變位，因此基礎移動會造成上部結構很大的損害，故應避免以此種地盤為承載層。否則須進行地盤改良，以獲得較安全之基礎承載層。

2)地盤及基礎之不均勻沈陷，會大幅降低結構物耐震性，應謀求改善對策。

①同一結構物之基礎，不得跨越不同性質之地盤。

②同一結構物之基礎，不得合併使用不同之基礎形式。

③結構物各部之地表接觸壓力、樁載重等應盡量平均。

④基礎繫梁剛性要大。

3)地震時地盤液化可能造成建 傾倒。因此要根據地盤調查結果，避開液化可能性較高地盤，否則應採用最安全之基礎形式，必要時亦可進行地盤改良。關於液化的判定可參考「 1.4.3 土壤液化及側向流動 」。

選擇基礎形式與相關耐震設計，可依據「 2.1 基礎的耐震計算法」及建築學會「建築基礎構造設計基準·同解說」之規定進行。

4)基樁之破壞型式，以剪斷破壞與承載力破壞可能性較高，結構也可能因此受損。因此基樁應避免大地震時受到破壞。特別是重要設施，其基樁設計應包含水平抵抗能力。根據兵庫縣南部地震損壞情況，基樁水平抵抗力設計，必須先對周邊土木結構物進行充分之調查。

4.要提高結構物耐震性，在結構計畫上就必須留意下列事項。

1)結構物耐震設計重點在於根據結構物用途、規模及結構種類等，將柱、梁、版、斜撐及基礎等作適切地配置。

除地震荷重外，也應檢核結構物受到自重、活載重、積雪荷重、風壓、水壓及其他振動與衝擊作用下之整體及局部安全性。

2)結構物平面及斷面形狀，最好有所限制，各構 元素盡量採取對稱地配置，使地震荷重作用時，不會造成結構集中變形與扭曲。另外，應使結構物發揮足夠之韌性，使其不致發生急遽崩壞及傾倒，故應特別注意下列事項。

①結構物應避免產生水平扭力之結構配置。

對於配置在角隅部之結構構件，由於同時承受水平二方向荷重作用，應考慮應力增加，應對平時荷重及地震荷重所產生柱軸力作較大斷面設計。

垂直方向地震力最大加速度，通常是水平最大加速度的 1/2，若地震之水平與垂直方向最大加速度相近時，則必須要加以考慮對於柱及懸臂梁的影響。

此外，平面形狀特別細長之結構物，必須考慮地震波的相位差。

②地震時結構物應變若進入塑性域，則變形將急速增大，加上自重作用，極有可能造成崩壞。此外，對於地震時層間變位及整體變位必須加以檢討。

③對多層結構物而言，若鄰接之上下樓層質量、剛性與強度之差異頗大，易造成局部水平力分佈不連續，而形成剪力集中。

對於閣樓、屋上突出部、女兒牆等，在地震時有應力集中的顧慮，可採用局部設計用震度。

④一般而言，結構物靜不定次數愈多，應力的傳遞愈有柔軟性，有利於抵抗地震荷重。

單跨或靜不定次數較少之結構物相較於多層多跨結構物，應力傳遞柔軟性較小，若局部破壞，極有可能造成結構物整體的破壞。

⑤耐震壁及斜撐設計，除強度外更應考慮充分的變形性。

⑥平面形狀不規則或平面十分細長之建物，最好採用伸縮接縫等分離構造以有效增加耐震性。此外，亦應預防結構物相互間隔過小而發生碰撞。

⑦相對於平面形狀極端高聳之結構物，必須檢討地震時傾倒可能性。

⑧對於鋼骨結構等，若地震時搖晃劇烈，則應注意天井、隔間牆、外牆、玻璃帷幕以及內部裝璜材等非結構構材的損壞。地震時此破壞易造成人員傷害，故應特別注意其安裝固定方法。

⑨在兵庫縣南部地震時，鋼筋混凝土結構物樁基部分、鋼骨結構物柱腳部份都發生破壞。因此對於樁基形式與結構物強度的加強，以及鋼骨結構柱腳部分安全性的確認等，應依據建設省告示（第 1791 號，1792 號，昭和 55 年 11 月）進行。除此之外，結構物必須要有安全的設計、謹慎的施工、以及縝密的檢查。

5.在過去習慣，在既有建物或淨水場本館最上層設置過濾池及逆洗用水槽，但水槽內之動態水壓、水面晃動作用對於建物振動特性有很大的影響。對於基礎、建物及水體所構成

之結構系統，應分別檢討空槽時、滿槽等條件，再進行內部空間的配置與結構設計。

對於重要結構物，最好能夠進行模擬實驗與動態分析以檢核安全性。

- 6.由昭和 43 年的十勝沖地震損壞經驗得知，須確保結構物韌性以及大幅提升柱的剪力強度，並已在昭和 46 年時，修正建築基準施行令。另外，由昭和 56 年在宮城縣沖地震（1978 年）災害經驗，再次大幅修正建築基準法施行令，故第 2.項說明之地震力分佈應有適度之增減，另外亦須十分注意結構物之剛性平衡、水平強度及耐震能力之確認。

在兵庫縣南部地震時，昭和 56 年以後興建之結構物，以依據新耐震設計法進行設計之結構物損壞情況就比較輕微。

根據此 背景，有鑑於水道設施之重要性，必須對昭和 56 年以前之老舊結構物進行耐震診斷及補強。

而耐震診斷的方法係根據「既有鋼筋混凝土結構物之耐震診斷基準、修改設計指針・同解說」（（財）日本建築防災協會）之規定施行。

### 3.9.2 建築設備等

淨水場本館、加壓站等建築內設備與建築用非結構性構件之耐震對策須考慮下列各項。

淨水場本館與加壓站等建築結構耐震對策需考慮下列各項：

1. 建築物附屬之機電設備及其配線、配管等，須能因應伴隨地震而來的停電、火災及藥劑外洩等二次災害。
2. 建築物之外裝材、窗、高架地板、臨時結構、遮陽棚、煙囪、看板等非結構性構件須避免在二次災害中波及主要結構物。對於重要的建築物，非結構性構件之損害不得影響到主要結構物運作。

#### 【說明】

- 1.淨水場本館、藥品處理所及加壓站等建築物內部皆有各式設備，須將其設置成爲一體，方能發揮水道設施機能。地震時即使建物安全，但若內部設備破損，亦會對水道設施機能造成甚大影響。

因此有必要針對地震後隨之而來的停電、火災及有害藥劑外洩等二次災害，提出建物及其設備功能與構造兩方面之安全對策。

建築設備震災對策可參考「建築設備耐震設計・施工指針」（（財）日本建築中心）及「建築設備耐震設計指針・同解說」（空調・衛生工學會）。

但以上指針僅規定地上 3 層以上、高度 60m 以下建築物之建築設備安裝方法，且設備排除輕量機器(100kg 以下)。水道設施為震災對策之重要設施，因此 2 層以下的建築物以及輕量機器也希望依據此指針之規定。

以下為引用指針主要規定事項。

#### (1)設計地震力

設計地震力可參考「3.4.6 淨水場의各種機械設備」之 1) 計算地震時機器設備所承受之各種作用力。

#### (2)各單元設計

建築設備之安裝、各構件容許應力、各單元設計、配管之耐震措施及設計範例等可詳閱參考文獻 3。

2.由 1978 年宮城縣沖地震等過去震災發現，窗戶及外部裝飾材等非結構性構件毀損、掉落的比例相當大。因此，有關建築 內外非結構性構件之毀損、掉落、傾倒等可能波及範圍需要注意檢討且加以避免。

因此有必要針對淨水場本館、藥劑處理所及加壓站等建築物內非結構性構件（如窗、帷幕牆、高架地板、外壁臨時結構、陽台、遮陽棚、煙囪、看板等）耐震性加以考慮。

另外，震災時，非結構性構件損害程度對建築物機能傷害不完全相同。

可參照建築非結構性 件耐震設計「非結構性構件的耐震設計指針・同解說及耐震設計・施工要領」（日本建築學會）。

根據設計指針引用下列主要事項。

#### (1)耐震安全性要求

非結構性構件之耐震安全性要求如下所述。

- i)強度地震時，要求非結構性構件之破壞與變形不會直接或間接危及人身安全。而地震結束時，建築物確保不致喪失機能。
- ii 中度地震時，要求非結構性構件之破壞與變形所導致之直接或間接建築物機能損失皆非常輕微，非結構性 件之破壞與變形修理不須額外編列費用（且所需之維護

費用亦少)。

(2)慣性力檢討

i)設計要求

非結構性構件在地震時慣性力以下述方法計算，各構材及其接合部之容許應力，可根據容許應力建築基準法施行令第 89~92 條之 2 定出其短期應力規定值或從可靠資料中訂出。

ii)慣性力計算

作用在非結構性構件重心水平向慣性力，可根據反應變位法、動態分析法或振動試驗結果求得，或以下式計算。

$$F_H = K_H \cdot W \dots\dots\dots(3.9.11)$$

$$K_H = Z \cdot \beta_H \cdot k_H \cdot K_0 \text{ 且 } K_H \geq 0.3 \dots\dots\dots(3.9.12)$$

其中， $K_H$ ：非結構性構件設計用水平震度

$W$ ：非結構性構件重量

$Z$ ：震區係數（建設省告示第 1793 號）

$\beta_H$ ：由非結構性構件反應倍率所定出之係數

$k_H$ ：從建築物基礎反應倍率定出係數

$K_0$ ：基盤面或建築物基礎底部之輸入基準震度

作用在非結構性構件重心的垂直向慣性力以下式計算求得。

$$F_V = K_V \cdot W \dots\dots\dots(3.9.13)$$

$$K_V = \frac{1}{2} \cdot Z \cdot \beta_H \cdot k_H \cdot K_0 \dots\dots\dots(3.9.14)$$

式中， $K_V$ ：非結構性構件的設計用垂直震度

$\beta_H$ ， $k_H$ ， $K_0$ 之值參考下述。

- 由非結構性構件反應倍率定出之  $\beta_H$  可參照表-3.9.7 定出。

表-3.9.7 由非結構性構件的反應倍率定出係數  $\beta_H$

非結構性構件的形狀 非結構性構件主體之 構造固定方式 構造部材的順性	平板狀			棒柱狀		
	表面或 內面固定	上下左右端 或者端面全 部固定	一端固定	軸向延線 固定	兩端 固定	一端 固定
順性高者	1.0	1.0	1.5	1.0	1.0	1.5
其他	1.0	1.5	2.0 以上	1.0	1.5	2.0 以上

(註) 順性高者固有振動數在  $10H_z$  以上。

- 建築物基礎反應倍率所定出之係數  $k_H$  在一樓時為 1.0，其他樓層之  $k_H$  以下式計算。

$$k_H = 1.0 + 7/3 \cdot X/H \dots\dots\dots(3.9.15)$$

式中， $X$ ：非結構性構件安裝構件固定處距地面高度(m)

$H$ ：樓版距地面高度(m)

- 基準震度  $K_0 = 0.3$ 。

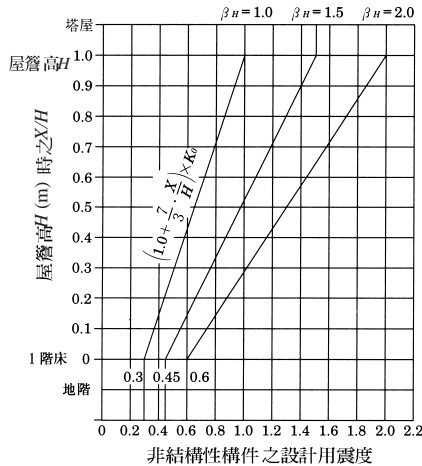


圖-3.9.4 非結構性構件基盤面高與設計用水平震度的關係

(3)角變形的限制

i) 設計目標

- 非結構性構件在地震時破壞程度可依表-3.9.8 區分為 ABCDE 五個階段。
- 依據中度、強度地震容許破壞程度、建築物重要性、非結構性構材種類與其破壞

波及範圍來限制非結構性構件之角變形。可參考表-3.9.9 及表-3.9.8 作區分。

表-3.9.8 非結構性構件依破壞程度來區分

破壞程度	有無損害	有無修理必要	有無更換必要	掉落、重要功能喪失 (門、窗不能開閉等)
A	無	無	無	無
B	有	無	無	無
C	有	有	無	無
D	有	有	有	無
E	有	有	有	有

表-3.9.9 非結構性構件容許破壞程度

地震強度	建物重要性	非結構性構件破壞所波及範圍	非結構性構件種類				
			陽台、遮陽棚、臨時結構	天井、煙囪	帷幕牆、女兒牆、外延構件	隔間牆、高架地板	窗、玻璃、隔間牆、廣告塔、看板
中度地震	特別重要建物	遠距 中距 近距	A	A	A	A	A
	其他建物	遠距 中距 近距	A	B	B	B	C
強烈地震	特別重要建物	中距	B	B	B	B	C
		近距	C	C	C	C	C
	其他建物	中距	C	D	D	E	D
		近距	C	D	D <sup>1)</sup>	E	D

(註) 不論所處場合危險，而是降低破壞程度。

ii) 角變形計算

a. 中度地震時非結構性構材角變形限制可以下式求得。

$$\gamma_1 = \alpha \cdot \gamma_0 \dots \dots \dots (3.9.16)$$

其中， $\alpha$ ：角變形修正係數，一般取 1.0，根據其重要性做增減。

$\gamma_0$ ：非結構性構件在安裝樓層之角變形限制，可依地震時層間角變形計算方法求得。

b.強度地震時角變形限制 $\gamma_2$ 可由反應變位法求得，但亦可用下述方法作概算。

$$\gamma_2 = \alpha \cdot \beta \cdot \gamma_0 \dots\dots\dots(3.9.17)$$

其中， $\beta$ ：根據結構特性係數 $D_s$ 定出之係數，以下式計算。

$$\beta = D'_s / 2C_0 \{1 + (D_h / D'_s)^2\} \dots\dots\dots(3.9.18)$$

$$D'_s = \frac{Q_u}{Q_{um}} \cdot D_s \dots\dots\dots(3.9.19)$$

$$D_h = 1.5 / (1 + 10h) \dots\dots\dots(3.9.20)$$

$D_s$ ：結構特性係數（建設省告示第179號，昭和55年）

$Q_u$ ：各階保有的水平抵抗力

$Q_{um}$ ：各階必須保有的水平抵抗力

$C_0$ ：一次設計用標準剪力係數（ $C_0$ ：0.2以上）

$D_h$ ：衰減修正係數

$h$ ：衰減係數

#### (4)耐震安全性（總結）

非結構性構件角變形限制與慣性力可滿足各個設計目標時，再針對以下各項進行耐震安全性檢討。

- i)確認非結構性構件不會影響主體結構（中壁、側壁等）強度及品質等。
- ii 非結構性構件之破壞程度計算須依材料品質、耐久性、施工性、維護管理方式等做必要修正。
- iii)須考慮非結構性構件材料與工法之適用性、震害後修補難易程度及費用等。

#### 據考文獻

1. 日本建築センター：建築物の構造規定，平成6年	及び耐震設計・施工要領，1985年
2. 日本建築センター：建築設備耐震設計・施工指針，1984年	5. 日本建築センター：建築物耐震基準設計の解説，平成8年
3. 空気調和・衛生工学会：1996年建築設備耐震設計指針（案）報告書，平成8年7月	6. 建築保全センター：官庁施設の総合耐震診断・改修基準及び同解説（建設大臣官房官庁営繕部監修），平成8年
4. 日本建築学会：非構造部材の耐震設計指針・同解説	

