

# 臺北引進 DIP(NS 型)管之試辦計畫

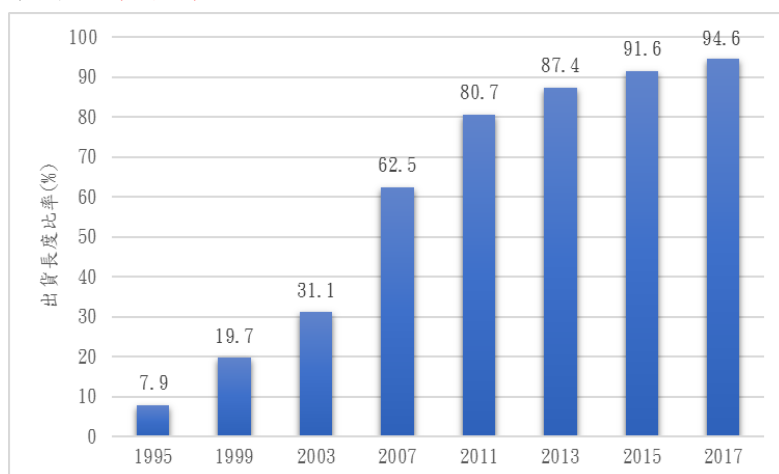
## 摘要

臺北自來水事業處供水範圍有山腳斷層通過，一旦發生大規模錯動，供應大臺北 500 萬人的供水系統則可能嚴重受損，災害復原將投入龐大的資金與時間成本。臺北盆地因覆蓋沉積砂層且地下水位高，屬高液化災害潛勢區，鄰近地區發生強震，臺北盆地因地質條件不佳，容易產生地震波放大效應，許多耐震能力不足的老舊管線可能造成損害。2011 年的東日本大地震，在規模超過 9 以上的地震能量釋放下，造成許多自來水管線斷裂，但採用具較佳之軸向變位及防脫能力之延性鑄鐵管 NS 型 (New Seismic Type) 的自來水管幾乎沒有損壞。因 DIP(NS 型)台灣並無生產，臺北自來水事業處自 106 年開始自日本引進 DIP(NS 型)。開始建立 TWD 之設計、材料、施工等規範，修建管材教育訓練場地，作為日後培訓安裝訓練場所，本次仍特別邀請委託日本技術人員來台指導，目的使 TWD 員工及施工廠商學會施工的方法，已於 107 年底完成 4110 公尺的管線埋設(汰換口徑分為 200 mm 與 300 mm)。DIP(NS 型)材料短期必須仰賴進口，長期必須鼓勵國內廠商投入生產發展，以降低管材的購置成本。政府機構已將 NS 材料規範納入 CNS 國家標準，以利國內廠商投入生產。

## 耐震管材在日本使用情形

1995 年於兵庫縣發生阪神淡路大地震後，開啟日本自來水設施耐震化政策。當年位於神戶市臨海區域的六甲人工島已經採用 SII 型作為配水管，地震發生後島內無配水管脫接之情形發生，足以驗證耐震管材優異的耐震功能，促使東京都水道局隔年起正式採用耐震管材。1995 年以後日本國內發生多次規模達六級以上的大地震，隨著大地震發生頻率有增加之趨勢，主管自來水事業的厚生勞動省也未雨綢繆，開始推動自來水設施耐震化政策。

隨著自來水事業單位推動耐震化政策，日本耐震管材的需求量年年增加。以 DIP 管出貨長度計算，自 1995 年阪神淡路大地震發生，耐震管材的比率僅有 7.9%，到了 2006 年比率則已超過 50%，2017 年耐震管材出貨比率更高達 94.6%，目前自來水用 DIP 管均大幅採用耐震接頭，耐震管材在日本國內已經相當普及，不再被視為是特殊材料。(圖 1)



資料來源：日本延性鑄鐵管協會(JDPA)

圖 1 日本國內耐震管材出貨率

日本使用的耐震管材是由日本廠商自行生產，且日本國內市場規模需求夠大，耐震管材價格並未較非耐震管材價格高出甚多。若將耐震管材之 NS 型管與 K 型管進行價格比較，口徑 100 mm 至 300 mm 的價格差異約介於 1.11 至 1.48 倍 (表 1)，以 NS 型優異耐震功能及施工便利性，雖價格略微高出一些，仍有利耐震管材的推動與發展。

表 1 日本國內 K 型與 NS 型價格比對

標稱管徑 (mm)	K 型 水泥內襯	K 型 粉體塗裝	NS 型 粉體塗裝	NS 型對 K 型 價格比率	
	a	b	c	對 K 型 水泥內襯	對 K 型 粉體塗裝
				c/a	c/b
100	6,010	6,578	6,684	1.11	1.02
200	11,980	13,056	15,434	1.29	1.18
300	19,265	22,523	28,472	1.48	1.26

註 1：價格是直管的每米日元單價，皆 1 種管。

註 2：價格根據株式會社久保田 2018 年度價格單。

## 北水處引進耐震管材的原因

鑑於 2016 年 2 月 6 日凌晨發生規模 6.4 之美濃地震，致臺南地區自來水管線損壞嚴重，影響民生用水甚鉅。臺北除了有山腳斷層發生地震的風險之外，盆地地質也不佳，屬於泥砂交互沉積的新生地，地震時容易發生「土壤液化」，整個臺北盆地大都具有中高等級的液化潛勢。

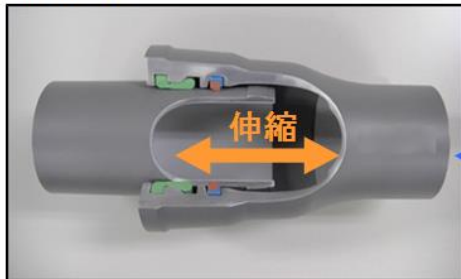
觀察 2011 年的東日本大地震，在規模超過 9 以上的地震能量釋放下，日本各地災情嚴重，許多自來水管都於地表裂縫處裸露懸空甚至斷裂。但採用 NS 型 (New Seismic Type) 耐震接頭延性鑄鐵管的自來水管幾乎沒有損壞。使用 DIP(NS 型)區域的供水系統的停水原因不是來自於管線斷裂，而是停電導致不能加壓送水，或者淨水場損壞無法供應自來水所致。因為 DIP(NS 型)管網系統損壞較輕微，所以災害復原十分迅速，日本災區各水道局都認為 DIP(NS 型)的耐震能力對重建做出了巨大貢獻。

探究 DIP(NS 型)管何以稱為優良耐震管材，主要有 2 個原因：第 1 個原因是，在管與管銜接的接頭處，設計防脫裝置，地震發生時可以讓接頭產生強大的防脫力，即使發生地層掏空，土壤已經無承载力時，將形成鎖鏈結構，使水管不致於脫開。第 2 原因是，DIP(NS 型)能夠容許軸向變位大，地震發生時，可以消散較多地震

能量(圖 2)。

綜合以上理由，北水處於臺南大地震屆滿兩年之際，首度引進日本經過大地震考驗過的 NS 耐震管材，來建構臺北市的供水設備。

(接合時)

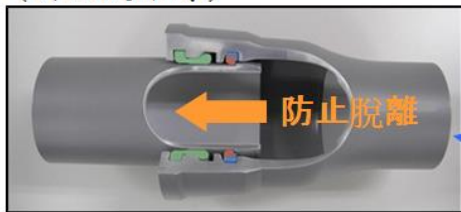


伸縮量為管長的 $\pm 1\%$

$\phi$  75-100 直管4m  $\rightarrow Y = \pm 40\text{mm}$

$\phi$  150-250 直管5m  $\rightarrow Y = \pm 50\text{mm}$

(防止脫離時)



3DkN (0.3Dton) 的防脫力

$\phi$  100  $\rightarrow 300\text{kN} = 30 \text{ ton}$

$\phi$  200  $\rightarrow 600\text{kN} = 60 \text{ ton}$

圖 2 DIP(NS 型)防脫與伸縮

## 北水處引進日本NS型管過程

建置 DIP(NS 型)管之相關規範

DIP(NS 型)在台灣並未生產也無相關施工規範，故在引進施工前，首先須規劃、設計、單價、材料、施工、維護管理等全套規範文件，故北水處委託東京水道國際有限公司彙整日本的 NS 型相關規範，編制中文版本(表 2)，作為後續執行 NS 型管材採購及施工的標準規範。

表 2 NS 型延性鑄鐵管規範

本案項目	本案規範	根據規範或標準
1. 編製規劃設置原則、設計規範、評估表單及注意事項	1-1. NS 型延性鑄鐵管規劃設置原則	日本水道協會「水道設施耐震工法指針、解說」
	1-2. NS 型延性鑄鐵管設計規範	日本延性鑄鐵管協會技術資料 JCPA T 35
	1-3. NS 型延性鑄鐵管設計補充規範	日本東京都水道局配水管工事標準圖

2. 編製施工規範、表單及品質管制	2-1. NS 型延性鑄鐵管施工規範	日本延性鑄鐵管協會技術資料 JDDPA T 51
	2-2. NS 型延性鑄鐵管施工規範補充說明	
	2-3. NS 型延性鑄鐵管施工管理規範	日本延性鑄鐵管協會技術資料 JDDPA T 52
3. 編製施工單價及單價分析	3-1. NS 型延性鑄鐵管施工單價及單價分析	
4. 提供所需施工機具型式及單價	4-1. NS 型延性鑄鐵管施工機具	
5. 編製物料規範(含內襯粉體塗裝)、材料檢驗、所需機具及規格標準	5-1. 自來水用 NS 型伸縮防脫接頭延性鑄鐵管規範	日本水道協會標準 JWWA G 113
	5-2. 自來水用 NS 型伸縮防脫接頭延性鑄鐵管管件規範	日本水道協會標準 JWWA G 114
	5-3. 自來水用 NS 型伸縮防脫接頭延性鑄鐵管及管件規範附件	日本水道協會標準 JWWA G 113 日本水道協會標準 JWWA G 114
	5-4. 自來水用延性鑄鐵管內面用環氧樹脂粉體塗裝	日本水道協會標準 JWWA G 112
6. 編製倉儲管理及工地搬運應注意事項	6-1. NS 型延性鑄鐵管倉儲管理及工地搬運注意事項	
7. 後續維護管理機制	7-1. NS 型延性鑄鐵管後續維護管理機制	

### 打造教育訓練場地

為本次試辦計畫，北水處於直潭淨水場打造一處可供 DIP(NS 型)進行教育訓練場地，作為訓練北水處現場監造人員學習 DIP(NS 型)配管技術，以利執行現場監造工作。另也可作為台灣國內培訓 DIP(NS 型)現場施工人員，核發專業證照制度之訓練場域。本次打造之教育訓練場地可進行口徑 150 mm 與 300 mm 之現場實務操作，是國內唯一首座可進行 DIP(NS 型)教育訓練場所(圖 3)。





圖 3 DIP(NS 型)教育訓練場地

進行 DIP(NS 型)教育訓練

NS 型教育訓練課程，針對北水處現場監造人員以及現場施工人員分別規劃不同的課程，北水處員工的訓練重點在於讓學員能理解 DIP(NS 型)設計及施工基本概念，以期達到學員於施工現場能確實監督施工廠商之目的。現場施工人員的訓練重點，在於讓學員能完全熟悉 DIP(NS 型)施工技術及觀念，以達到學員能確實於現場進行正確的施工，課程設計概念表如表 3 所示。

表 3 教育訓練課程設計概念

	訓練課程	內容	北水處 員工	施工 廠商
1	DIP(NS 型)的設計	DIP(NS 型)設計要點說明及實習	○	
2	DIP(NS 型)的施工	DIP(NS 型)施工要領說明	○	○
3	DIP(NS 型)施工觀 摩	講師示範 DIP(NS 型)施工作業	○	○
4	DIP(NS 型)施工實 習	依循講師指導，學員實際進行 DIP(NS 型)施工作業	○	○
5	DIP(NS 型)施工技 術測驗	學員獨自進行 DIP(NS 型)施工 且由講師檢核是否依施工要領		○

		進行作業		
--	--	------	--	--

## DIP(NS 型)埋設現場施工

本次試辦計畫所使用之耐震管材是委託國內興南鑄造廠股份有限公司購買久保田株式會社(Kubota Corporation)所生產之DIP(NS 型)材。埋設工程是委託國內之施工廠商施作，施工人員於施工前已完成教育訓練並取得合格工作證，已具備施工能力。

試辦計畫之施工區域選址，係參考日本『耐震管材適用原則』選定試辦區域，經評估後選定東區營業分處管轄之E09010小區做為試辦區域。因該區域係屬於高液化潛勢區，區域內設有緊急供水站並鄰近防災公園符合『耐震管材適用原則』所規定之條件(圖5)。

北水處於2017年1月15日埋設國內首支DIP(NS 型)耐震管材，施工初期，雖現場施工人員已於教育訓練場地接受完整之教育訓練，但現場開挖環境屬拘限空間又有地下管線障礙之干擾，增加現場配管的難度，為使施工人員能克服現場配管的困難，剛開始施工初期1個月，邀請日本專業技師至現場親自示範配管並從旁指導現場施工人員協助施工，台日雙方施工共同交流並解決施工中所遭遇之問題。

施工滿1年後，再次邀請日本技師駐場指導1個月，北水處施工人員再累積1年的施工經驗後已頗具心得，在遵守日本技師教導的配管技術下，提出優化切管器材，獲得日本技師一致的好評。

兩次日本技師指導期間，日本技師分別針對現場施工情形提出相關改善事項，北水處也分別開辦兩次施工心得交流會議，藉此達到技術交流提高施工品質(圖6)。

最終於2018年11月完成試辦區域之DIP(NS 型)埋設工程，總共汰換管徑200mm 3,630公尺、管徑300mm 480公尺，合計汰換DIP(NS 型)管長4110公尺。



進口耐震管材



擇定汰換區域



日本技師現場指導



開始施工

圖 5 引進日本 NS 型管選址、現場指導之施工過程



圖 6 日北技師現場指導施工

提升試辦區域之售水率

本案試辦小區 E09010 於施工標案進場施工前，該小區初評售水率為 33.1%。2018 年 11 月完成小區內配水管施工後，售水率已



提高至 96.2%，改善漏水量 1,359 CMD，證明台灣的施工人員即使施作新引進之 NS 型管材，除可正確完成配管外，同時也可以提升售水率(圖 7)。

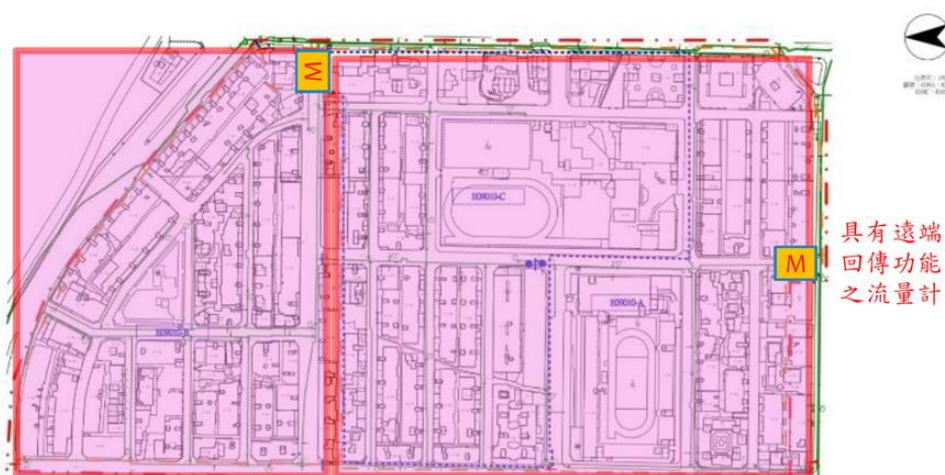


圖 7 小區流量計裝設位置

## NS型耐震管材推動策略

### 建置配水管網地震損害風險地圖

因 DIP(NS 型)台灣並無生產，短期必須仰賴日本進口，故購置成本比一般管線金額高出許多，加上每年管線汰換經費有限，故無法一次全面提升供水轄區所有管線之耐震能力。為使經費運用達到最大效益，汰換的選址即相當重要，優先汰換最適小區至關重要。選址的條件將以場址效應、土壤液化潛勢、管線易損性、區塊重要性等因素綜合考量，委託勞務案方式委託國震中心，借用 Twater 已收集的各項地震災害潛勢圖資及其專業領域之研究，協助北水處建置配水管網損害風險地圖做為北水處耐震管線汰換藍圖(圖 8)。

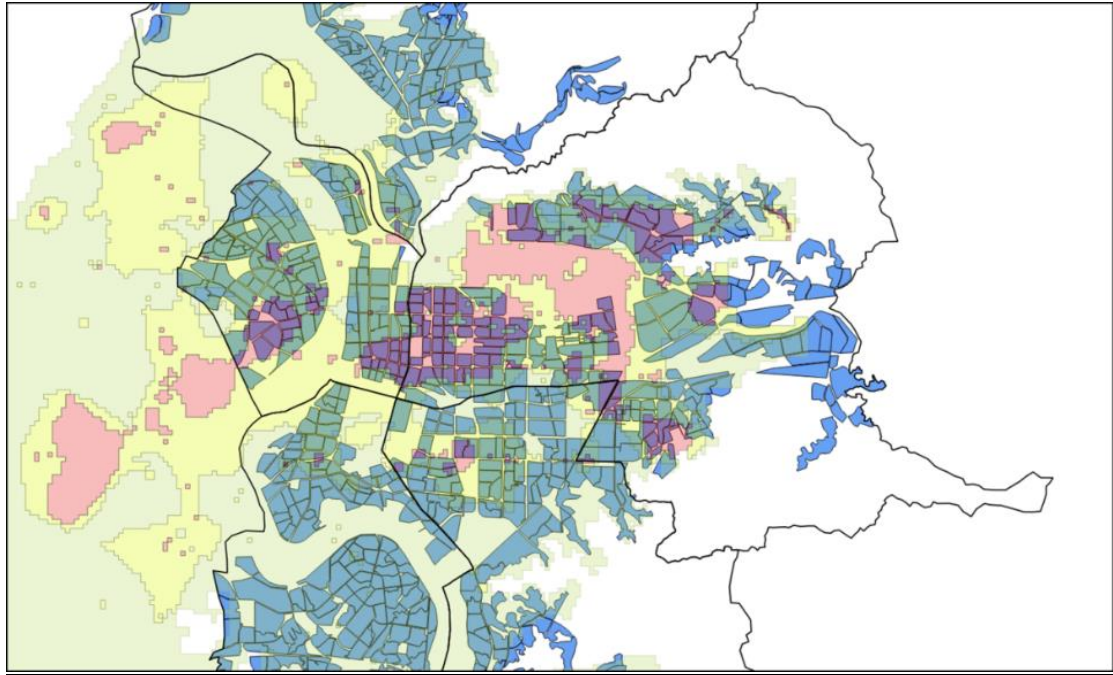


圖 8 北水處耐震管材汰換示意圖

推動 DIP(NS 型)在國內生產

為降低材料成本，DIP(NS 型)必須由國內生產，透過國內自來水事業單位之需求帶動供給，促使廠商投資生產。目前國內廠商已有意願投入生產，刻正參照 JIS G5526:2014 規範研擬修正我國 CNS10808 規範，將 DIP(NS 型)相關規定納入國家標準，一但完成，將更有助於國內廠商投入生產，北水處初步規劃 3 階耐震管材的選用方式，茲分述如下：

- (1) 初期推廣階段，管件原則上使用國產 K 型加特殊防脫壓圈，而直管則以進口方式採購，藉此降低採購成本，NS 型直管與 K 型管件的接合方式如圖 9 所示。

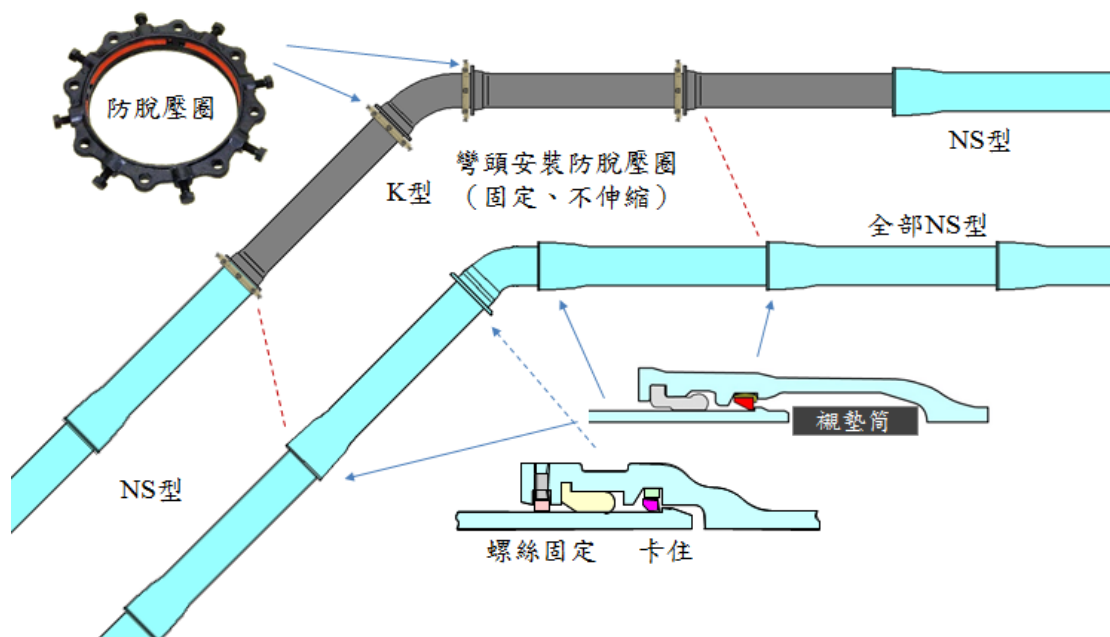


圖 9 NS 型直管與 K 型管件的接合方式

- (2) 推廣階段後期，預期國內鑄鐵廠商已完成部份生產設備，可於國內自行生產 NS 型直管。管件仍使用國產 K 型加特殊防脫壓圈，因直管開始使用國產品，可更大幅度降低採購成本。
- (3) 穩定發展階段，預期國內鑄鐵管廠商已完成生產設備，可於國內生產 NS 型直管及管件，將大幅降低材料成本，預期 NS 型管價格將接近 K 型管之 1.2-1.5 倍間。

#### 建置教育訓練及證照系統

為維持良好施工品質，必須建置完善的教育訓練及證照制度。短期規劃上，因耐震管材施工量有限，故由北水處委託國外顧問公司或中華民國自來水協會辦理施工人員之教育訓練並進行實務測驗，通過測驗之施工人員由北水處發行合格工作證，限制僅持有合格工作證之施工人員方能進行施工。

長期規劃上，應回歸現有 DIP 管材之證照制度，由中華民國自來水協會主辦教育訓練並進行實務試測驗，通過測驗者發行合格證照，擁有合格證照之施工人員，皆可施作國內耐震管材施工。(表 4)

表 4 建置教育訓練及證照系統之建議

	教育訓練	證照
短期規劃	北水處委託國外顧問公司或水協會舉辦	由北水處發行工作證 (僅限特定標案)
長期規劃	水協會舉辦	由水協會發行合格證照 (國內通用)

## 結論與建議

1. 雖耐震管產品眾多，但 NS 海外專利到期、且唯一經過大地震考驗、洛杉磯也採用，十分適合地震災害潛勢高的臺灣。
2. 複製臺北帶動 SSP 產業之成功模式，每年穩定提供施作長度，以雙水之需求帶動供給，促使廠商投資生產，降低成本。
3. NS 耐震性除了來自材料，更仰賴工人之正確銜接，推動初期以訓練得標商為主，爾後應回歸水協會訓練及證照制度。
4. 推動初期廠商產能不足，仍需仰賴國外供料，因價格昂貴，應優先施作高災害潛勢區，應委託專業研究以利擇定。
5. 推動初期以 K 型防脫取代 NS 彎頭，即便專業研究驗證兩者力學行為等效，未來本土化生產後，可研議回歸正規 NS 彎頭。