2022 International Trenchless Technology Workshop in Taipei

免開挖工法及配管技術



臺北自來水事業處工程總隊
副總隊長　陳維政

2022年12月26日

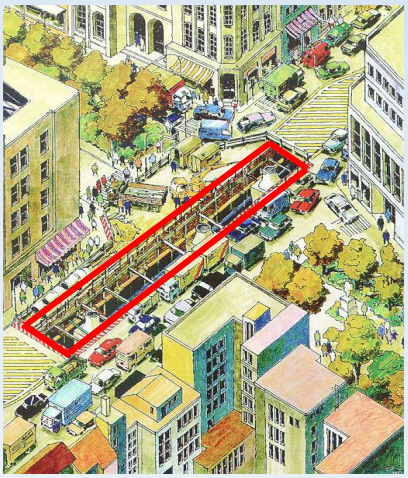
bob@water.gov.taipei

1.免開挖技術組織

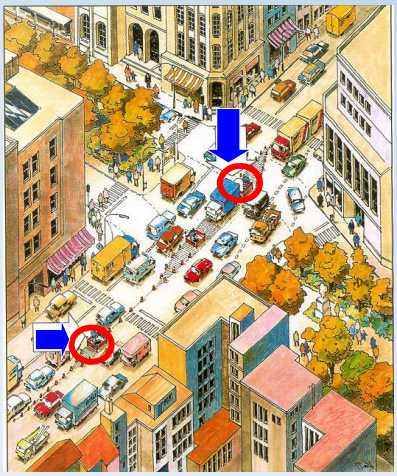
免開挖工法
Trenchless Technology (NO-DIG)

應用領域包括自來水、污水下水道、雨排水、瓦斯、電訊、纜線等地下管道

✓管線明挖工法



✓免開挖工法



3

國際免開挖技術協會

ISTT (International Society for Trenchless Tech.) est. London 1986

✓全球35國區域免開挖組織

✓中華民國地下管道技術協會 CTSTT (Chinese Taipei Society Trenchless Tech.) est. 1992



4

- 37th NO-DIG 2019 國際大會
  暨研討展覽會(義大利佛羅倫斯) IATT



- 38th NO-DIG 2022 國際大會
  暨研討展覽會(芬蘭赫爾辛基)



- 39th NO-DIG 2023 國際大會
  暨研討展覽會(墨西哥) LAMSTT

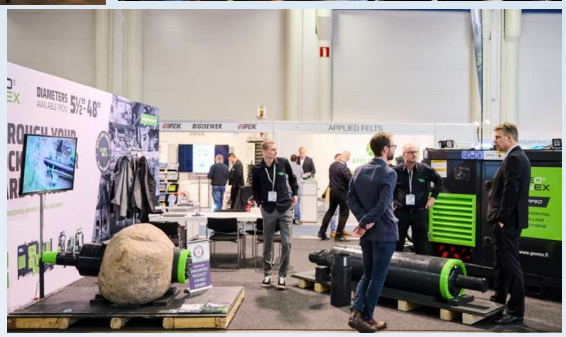


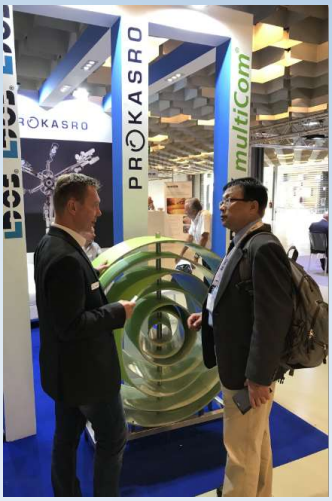


5

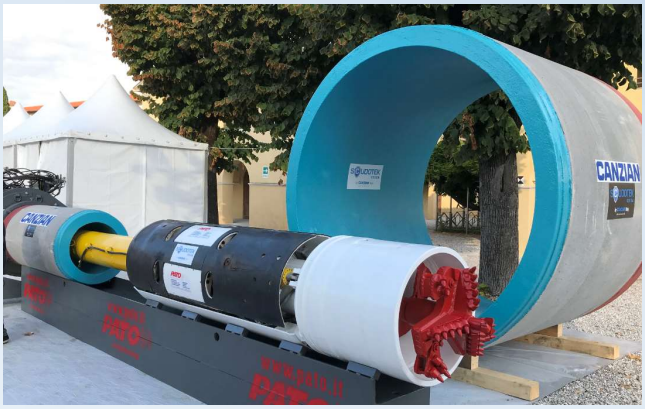








6





7

NO-DIG AWARDs

Winner	Category	Title of Entry
2022 ISTT No-Dig Winners (NEW)		
Taipei Water Department, Feng-Shun Construction CO., LTD, CECI Engineering Consultants, Inc.	Project - New Installation	A Water Trunk Main Project Overcomes Faults and Geologic Variation in Taiwan
Ludwig Pfeiffer Hoch - und Tiefbau GmbH & Co. KG	Project - Rehabilitation	Rehabilitation of the Wastewater Network of the Cuenca La Chala - Guayaquil
Jiangsu Dilong Heavy Machinery Co., Ltd.	New Technology	Submersible Directional Drilling Machine
Dr. John C. Matthews, Trenchless Technology Center (TTC)	Academic Research	Mitigation of Styrene Emissions from Steam-Cured CIPP Projects
John Kraft, Trenchless Technology Center (TTC)	Student Paper	Alternative Approach for Assessment of Hydraulic Design Basis for Pressure Pipe Liners

No-Dig Winners

Click on each recipient's name to see award details

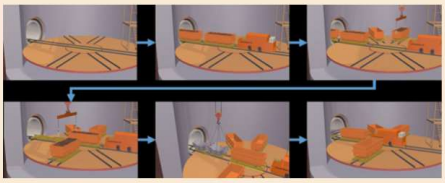
Taipei Water Department, Feng-Shun Construction CO., LTD, CECI Engineering Consultants, Inc.

Category: Project - New Installation

Country: Taiwan

A Water Trunk Main Project Overcomes Faults and Geologic Variation in Taiwan



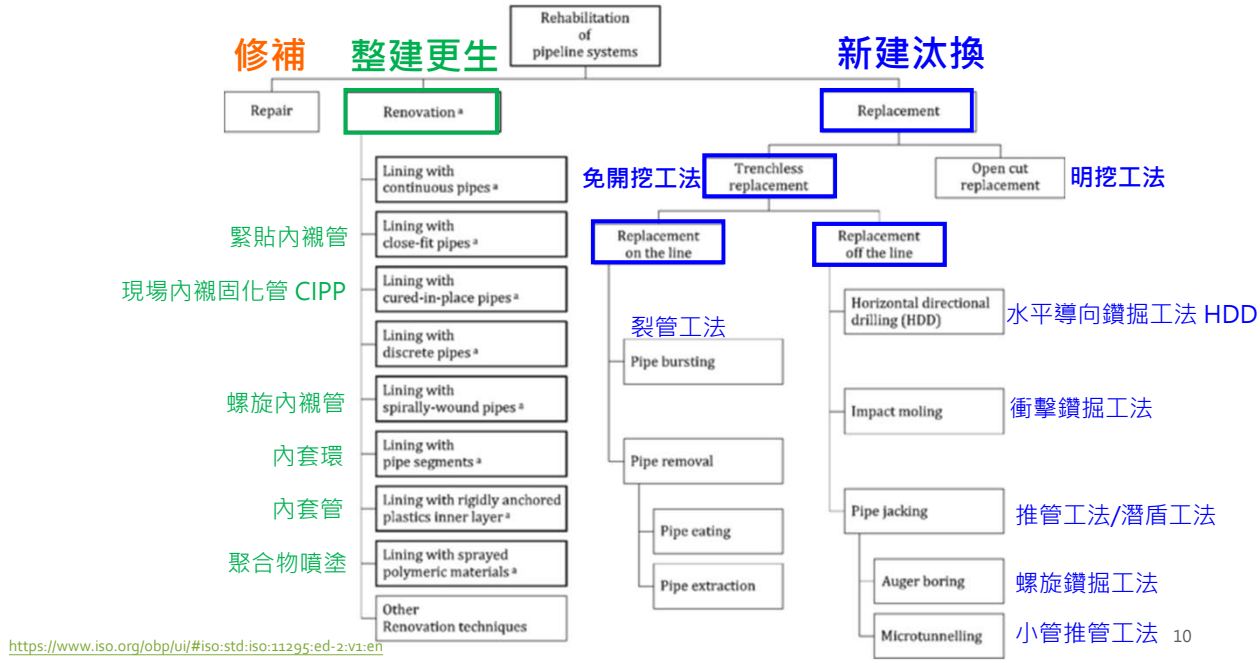


8

2.免開挖技術分類

9

ISO 11295 管線整修汰換技術家族



https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:11295:ed-2:v1:en

10

ISO 11296 非壓力雨排水及污水管網系統

Plastics piping systems for renovation of underground **non-pressure** drainage and sewerage networks

ISO 11297 壓力雨排水及污水管網系統

Plastics piping systems for renovation of underground drainage and sewerage networks **under pressure**

ISO 11298 自來水管網

Plastics piping systems for renovation of underground **water supply** networks

ISO 11299 瓦斯管網

Plastics piping systems for renovation of underground **gas supply** networks

11

ISO 11296
非壓力流雨排水及污水管網

This document (system standard) comprises a

— *Part 1: General*

and the following technique family-related parts:

— *Part 2: Lining with continuous pipes*;

— *Part 3: Lining with close-fit pipes*;

— *Part 4: Lining with cured-in-place pipes*;

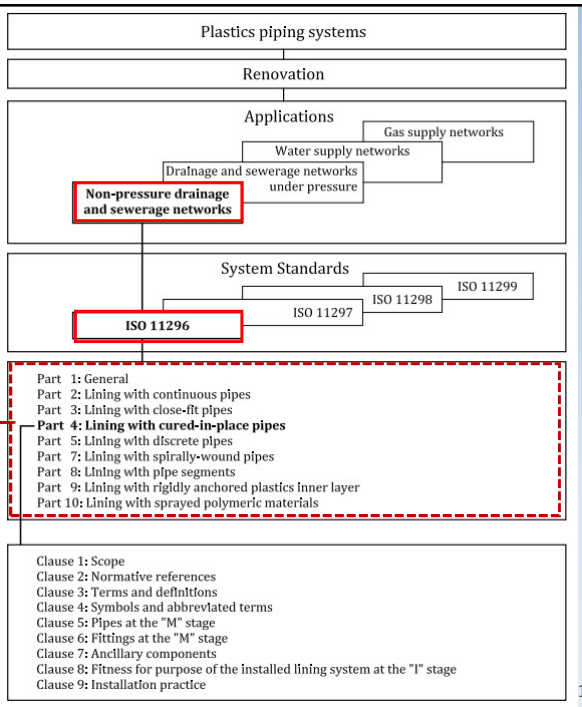
— *Part 5: Lining with discrete pipes*;

— *Part 7: Lining with spirally-wound pipes*;

— *Part 8: Lining with pipe segments*;

— *Part 9: Lining with a rigidly anchored plastics inner layer*;

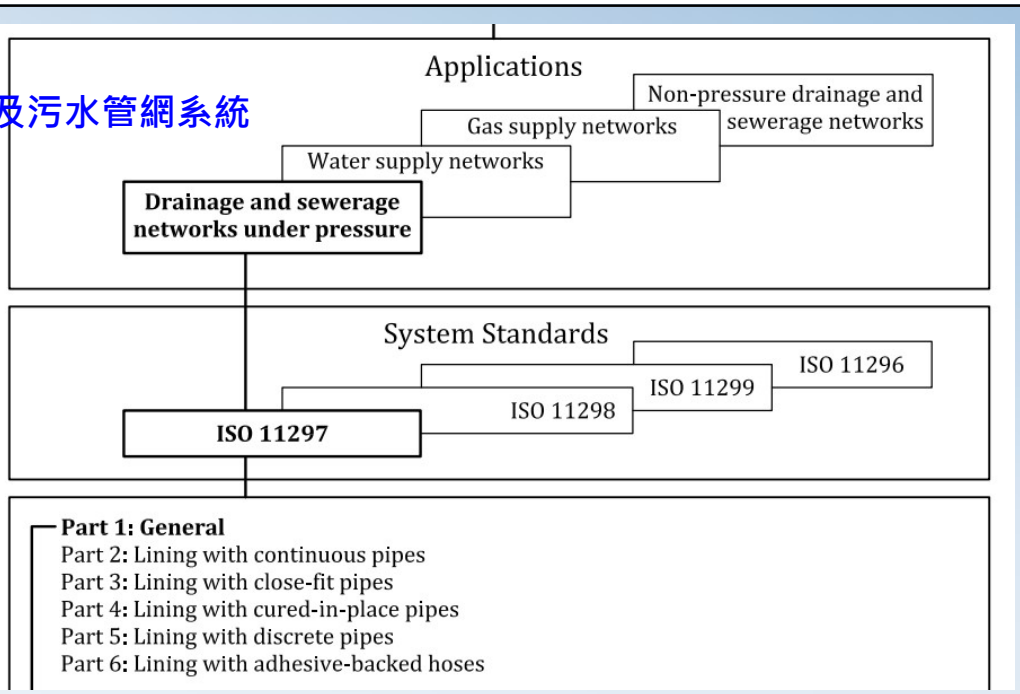
— *Part 10: Lining with sprayed polymeric materials.*



https://www.sis.se/api/document/preview/80000855/

12

ISO 11297
壓力雨排水及污水管網系統

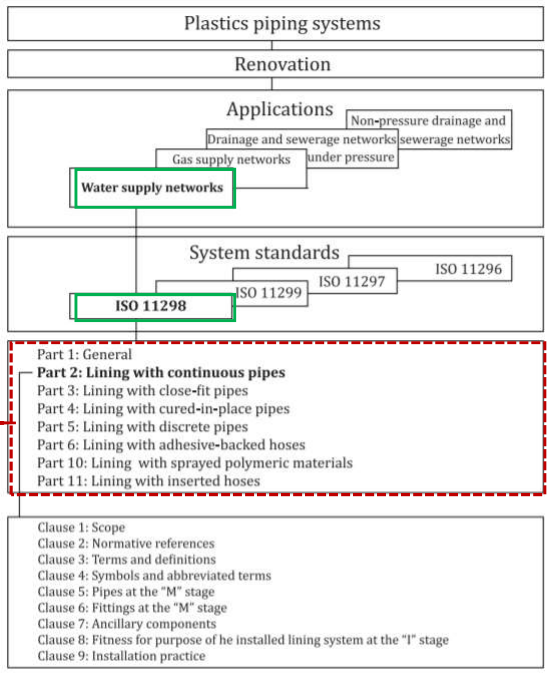


13

ISO 11298 自來水管網

Format of the renovation system standards

Part 1: General,
Part 2: Lining with continuous pipes (this document);
Part 3: Lining with close-fit pipes;
Part 4: Lining with cured-in-place pipes;
Part 5: Lining with discrete pipes;
Part 6: Lining with adhesive-backed hoses;
Part 10: Lining with sprayed polymeric materials;
Part 11: Inserted hoses.

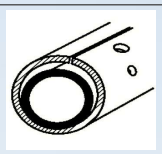
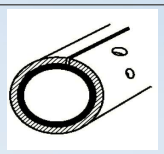
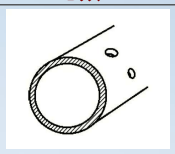
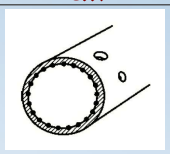
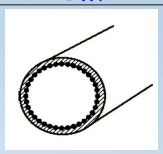


https://www.sis.se/api/document/preview/80001440/

14

壓力管線免開挖整修分類及標準

依據EN ISO 11295 壓力管塑化類內襯分為A、B、C三類

A類		B類	C類	D類
				
獨立管(Independent)		結合管(Interactive)		
全結構(Fully structural)		半結構(Semi-structural)		無結構性
內套穿管 (Loss-fit)	緊貼內襯 (Close-fit)	硬質內套環 (Inherent ring stiffness)	黏著貼附 (Relies on adhesion)	黏著貼附 (Relies on adhesion)
整體連續管	緊貼內套襯管(Close-fit pipe)			國際標準不適用
	現場固化內襯管(CIPP管)			
	-		背膠黏附內襯管	
-	-	聚合物噴塗	-	-

15

3.免開挖技術實務

16

內套管工法- Loss-Fit pipe

原理步驟

1. 將複合材質之強化抗內壓環狀編織內襯管材(U型或C型摺疊狀態)，以鋼索引繩拖拉進入待修復管線。
2. 然後以內部氣壓將內套管膨脹撐開，回復成圓形斷面，快速形成內套新管，但與既有舊管之間無任何黏結。
3. 管末端以特製法蘭套管，將內襯管套壓密封，最後以法蘭短管接頭銜接既有管線。

分類

- 摺疊拖拉 Subline (U-shaped)
- 壓管拖拉 Compact pipe (C-shaped)



17

內套管工法- Loss-Fit pipe

工法優勢

- 一段穿管距離最長可達2公里以上。
- 壁厚6-8mm，輸送體積能力最小減量影響。
- **可通過彎管。**
- 施工安裝快速。
- 耐用壽命至少50年。





關鍵技術

- 適用圓形斷面 DN 150-500mm。
- 外層強化保護層，中層無縫編織強化纖維，全結構抵抗；可完全抵抗內壓。但是佈管螺旋轉動、彎折會破壞其纖維強度。
- 在無外力荷重下，解除內壓後內套管仍可以維持圓形斷面。
- 內層以PE為基礎，符合KTW W270、NSF/ANSI 61、AS/NZS 4020:2005、BS 6920、SS 375:2005等飲用水等級溶出標準。



NSF(National Sanitation Foundation)，簡稱美國國家衛生基金會

18

台灣可撓內套管施工案例

穿管口徑250mm，總長3040m，分兩階段穿管：
(1)第一段(1,600M) - 從工作井內600mmRCP管穿管，經過倒虹吸段，再繼續以600mmRCP為路徑，至南端出口工作井。
(2)第二段(1,300M) - 從至善路工作井穿管入600mmCIP管，經過菁礐溪至90度人孔，再轉入600mmRCP為路徑，穿管至出口工作井。

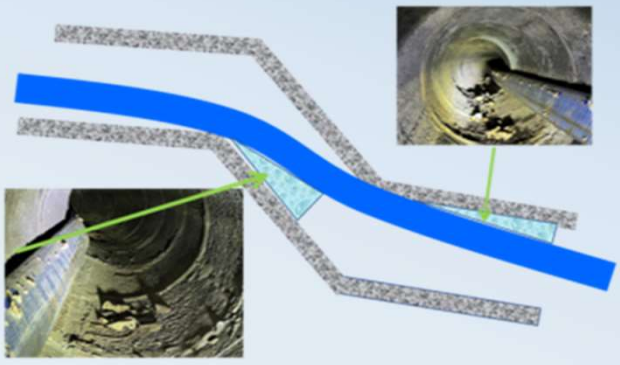
依原廠拉力估算以磨擦係數0.5為基礎的原則下，並增加30%的安全係數，計算需求最大拉力值6.1噸，採用義大利雙絞鼓柴油機絞車，最大10噸拉力， 包含拉力距離長度等自動監控系統。

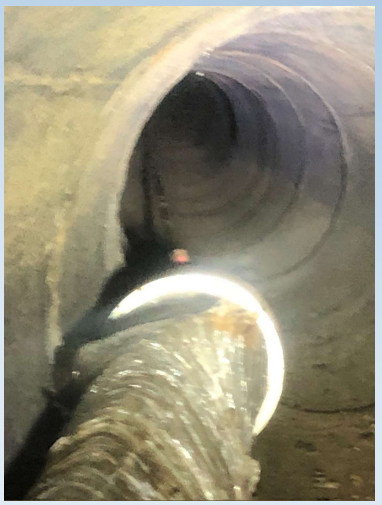




19

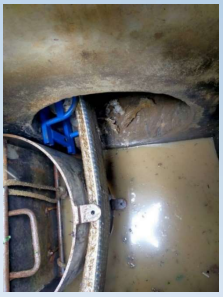
非直線管道磨損HMPE纜繩及內套管

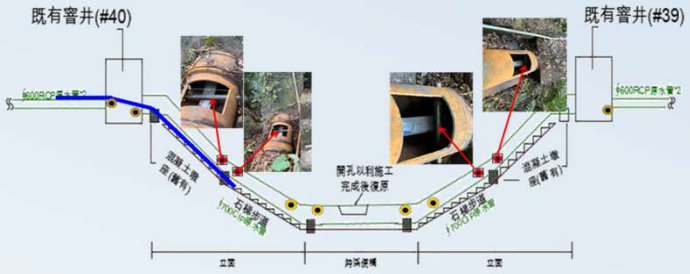




20







21

全段試水3,040M

可撓內套管試水 需自最低點灌水，以小管徑穩定且可控的注水，使管內壓力穩定緩增，避免空氣滯留、衝擊壓力和高程壓力差。

窨井＃48處加壓泵加壓至11 kg/cm² ，於倒虹吸管底部設置1處排泥閥，觸壓力達16 kg/cm² ，持壓 1小時。

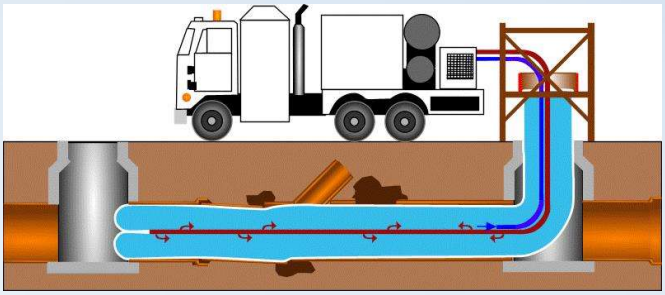


22

現場固化內襯工法(Cured-In-Place Pipe, CIPP)

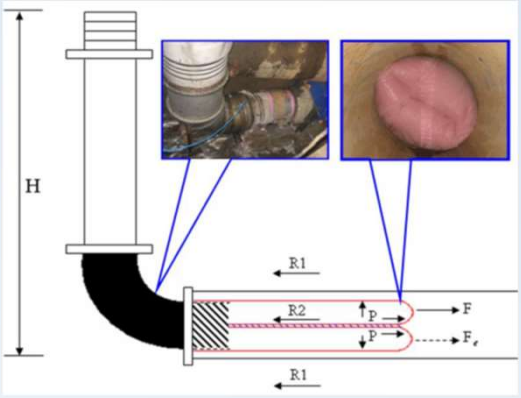
- **原理步驟**
  運用人孔或工作井將內襯軟管送入待修復的管線，然後利用熱或光在舊管道內促使內襯材料固化形成新管道，達到止漏及防蝕等目的。
- **工法優勢**
  對於穿越重大道路、橋樑、機場等障礙之老舊管線，不須全線開挖，可快速完成修復，延長管道壽命。
- **關鍵技術**
  內襯軟管為複合材料層，可分為軟管及樹脂兩部分，軟管材質與厚度及結構強度有關，樹脂與固化機制及操作條件有關，兩者都會影響施工方式。

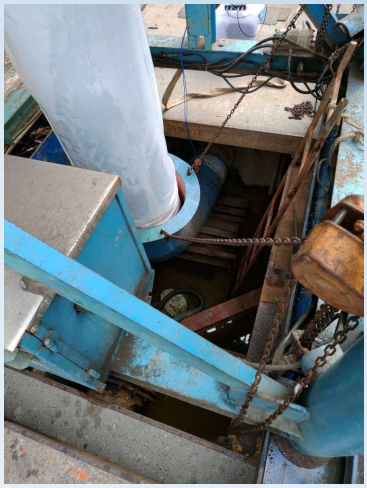




23

現場固化內襯工法(Cured-In-Place Pipe, CIPP)







24

- **現場固化內襯工法(Cured-In-Place Pipe, CIPP)**

Flexible Tube Inversion (Terminal Point)



25

- **現場固化內襯工法(Cured-In-Place Pipe, CIPP)**

內襯管材複合材料主要分為軟管(Tube)及樹脂(Resin)兩部分

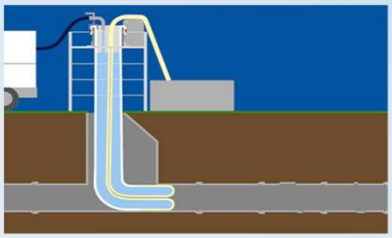
1.軟管 Flexible tube Used

- 針織布內襯Needle felt liner
- 強化玻璃纖維內襯Glass Reinforced Plastic (GRP) liner

2.樹脂 Resins Used

- 聚酯PE (Polyester) – Styrene-based 苯乙烯基
- 乙烯基酯VE (Vinyl Ester) – Styrene-based 苯乙烯基
- 乙烯基酯VE (Vinyl Ester) –非苯乙烯基 Styrene Free
- 環氧樹脂 Epoxy–非苯乙烯基Styrene Free





圖案來源 https://zh.wikipedia.org/

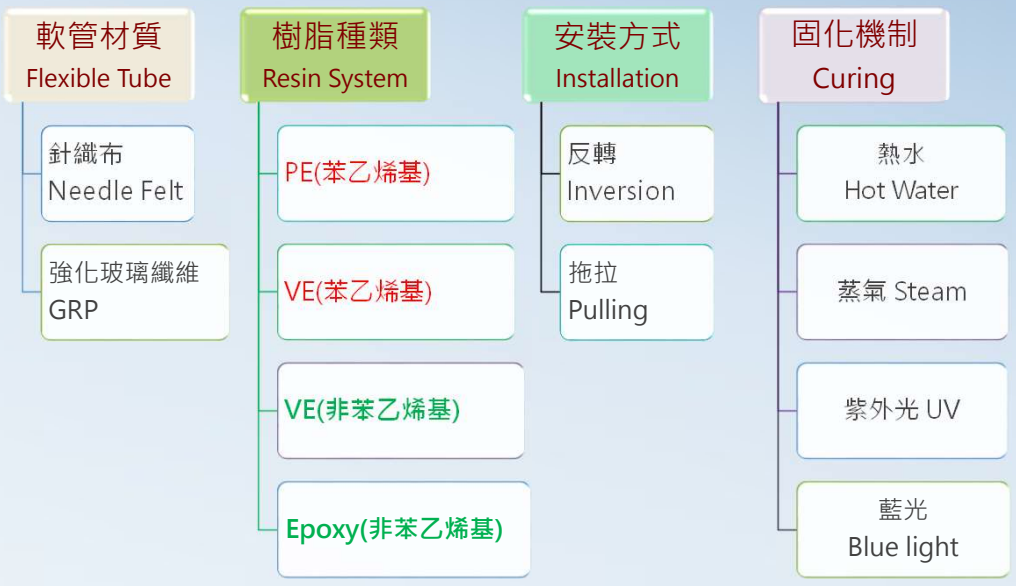
26

CIPP材料及施工相關規範

- **ASTM F 1216** - 樹脂浸潤內襯(Needle Felt) 反轉工法
  Standard Practice for Rehabilitation of Existing Pipelines and Conduits by the Inversion and Curing of a Resin-Impregnated Tube
- **ASTM F 1743** - 熱固化樹脂軟管 拖拉工法
  Standard Practice for Rehabilitation of Existing Pipelines and Conduits by Pulled in-Place Installation of Cured-in-Place Thermosetting Resin Pipe (CIPP)
- **ASTM F 2019** – 熱固化樹脂GRP內襯 拖拉工法
  Standard Practice for Rehabilitation of Existing Pipelines and Conduits by the Pulled in-Place Installation of Glass Reinforced Plastic (GRP) Cured-in-Place Thermosetting Resin Pipe (CIPP)
- **ASTM D 2990** 塑料管強度檢驗方法及標準
  Standard Test Methods for Tensile, Compressive, and Flexural Creep and Creep-Rupture of Plastics
- **ASTM D 2583** 塑料成品硬度檢驗方法及標準
  Standard Test Method for Indentation Hardness of Rigid Plastics by Means of a Barcol Impressor
- **公共工程施工綱要規範 第02538章** 下水道管線整建免開挖施工
- **台北自來水處/台水公司** 自來水管線現場內襯固化工法施工規範/

27

CIPP 材料及施工方式種類



28

現場固化內襯工法(Cured-In-Place Pipe, CIPP)

CIPP技術發展趨勢

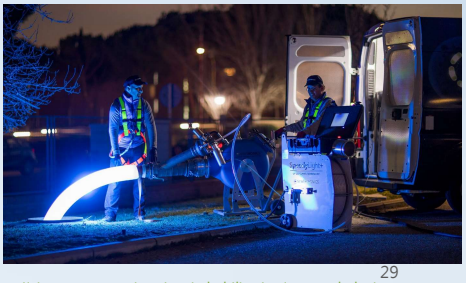


熱固化

- **熱水固化 Hot Water Cure** – 利用水柱高位能將內襯軟管**反轉**入管道，再將**水加熱循環**養治固化。
- **蒸氣固化 Steam Cure** –以繩索將內襯管拖拉置入管道，利用鼓風機灌入熱蒸氣膨脹撐開，再持續以熱蒸氣固化；或以鼓風機風壓進行反轉置入管道，再以持續熱蒸汽固化。

光固化

- **紫外線固化 UV Cure** –以繩索將內襯管**拖拉**置入管道，用風壓膨脹撐開，再以LED燈架**UV光源固化**。
- **藍光固化 Blue light Cure** – 相同以拉拖方式穿管，但以LED藍光作為光源固化。

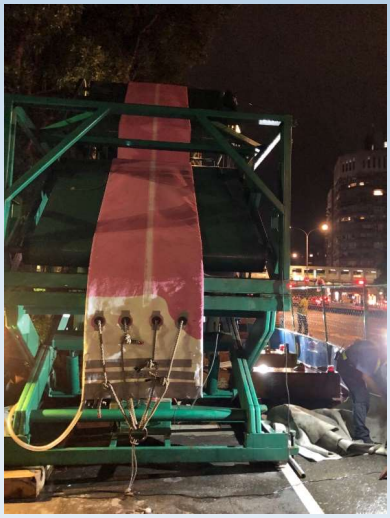


29

圖片來源https://visu-sewer.com/services/rehabilitation/page-rehab4/

熱水固化 Hot Water Cure
水壓反轉 Water Inversion Process

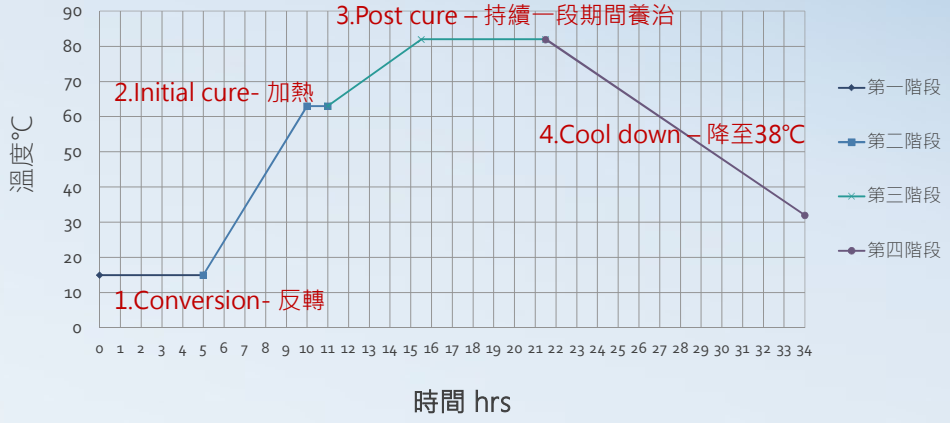




30

熱固化曲線

熱固化曲線因樹脂產品而異，廠商必須在施工計畫提出，施工監造才能比對管理，確保熱固化溫度、充足養治時間及固化後降溫度。



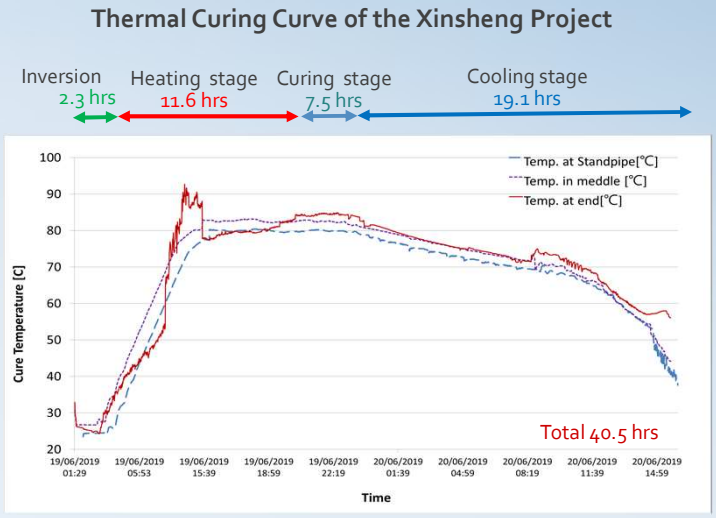
31

CIPP熱水反轉水位控制施工管理案例

1.軟管內層為PE材質，溫度高於90℃，會產生變形，未來易剝落。

2.降溫必須至38℃以下，受氣溫、地下水位、金屬管材等環境因素影響大。

3.反轉固化全程時間受限交維容許時間。



32

現場管末裸管取樣裸管耐壓試驗





33

CIPP施工完成CCTV檢視







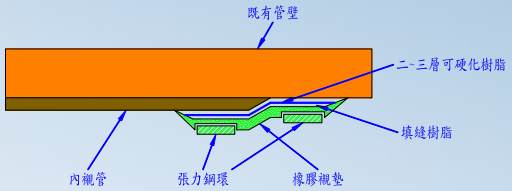


34

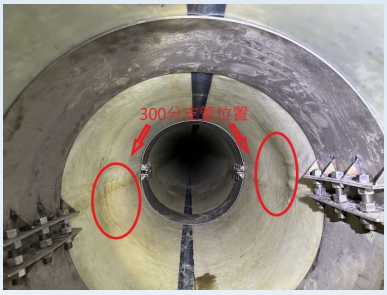
端點管口收邊固定



張力鋼環管口收邊



分支管兩側固定



35

蒸氣固化

氣壓反轉牽引定位工法
(Winched in place)

Insituform 以水力翻轉及熱水養護內襯之代表性工法
Phoenix (Paltem) 採用氣壓翻轉內襯及蒸氣養護之代表性工法
In-liner及 Paltem-SZ 以絞盤牽引定位，再以氣壓成形及蒸氣養護內襯法





圖片來源 https://www.ziasystems.com/who_is.html

36

紫外光固化 UV LED light Cure

德國 *Reline Group　APTEC GmbH*

- 單段最多300公尺 (纜線極限350公尺、燈架可行距離2000公尺)
- 兩端點5公尺是光固化關鍵點。
- 37度彎折為極限,不能通過倒虹吸管段。
- 內襯管材尺寸略小於舊管內徑10%。
- 自動監測控制管內氣壓及氣溫、行進速度與時間。
- 材料成本佔總工程費約40%。





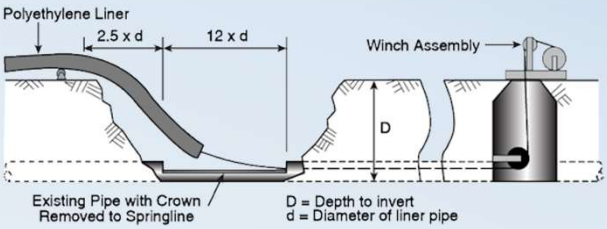
圖片來源 https://www.itspipetech.com.au/portfolio-items/berolina-cipp-lining-kiama-bends/201402-berolina-liner/

37

內套管工法- Close-Fit pipe

縮徑拖拉 Reduction Method (HDPE)

- 地下管道緊貼內套管









圖片來源 https://plasticpipe.org/municipal_pipe/advisory/sliplining

38

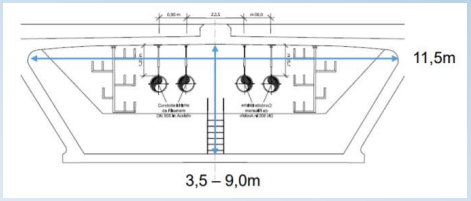
橋樑附掛管線緊貼內套管案例

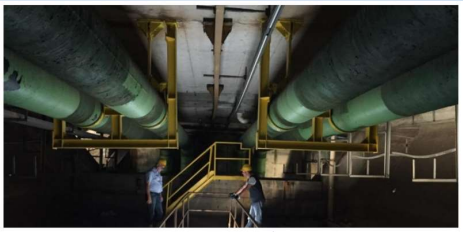
義大利Taranto長距離橋樑1200m，跨距14m，高度47m ，附掛4條DN500 輸水鋼管嚴重鏽蝕

施工方式

1.穿管前開孔清理內部，去除障礙物。
2.穿管HDPE，每支20m，在橋樑箱涵外熱熔對接後，形成無接縫管路1200m，每400m設置一處滾輪支撐。
3.架設不同高度支撐架，水平送入，設入口加勁環。
4.考慮橋梁內管線吊掛下垂問題，每50m設一處支撐。







39

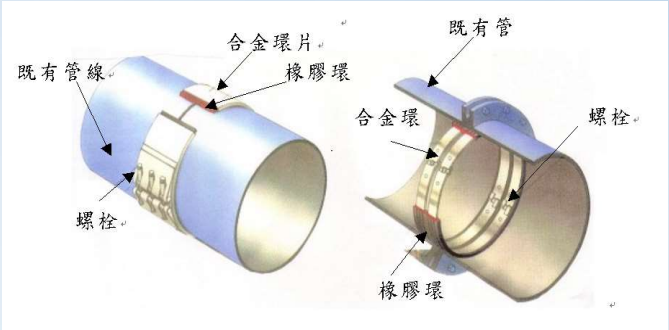
緊貼內套管工法最主要是力學檢核

- 由水重量、PE管重量及鋼管重量與橋樑容許荷重比較，計算PE管厚度之尺度合理性。
- 計算穿管施工，應考慮軸向力、斷面力及垂向力三種。
- 以3D FEM 模型模擬，牽引總拉力主要考慮通過縮管器(rig)阻力及PE管身在鋼管內磨擦力，再給予安全係數。
- 牽引抽拉作業時間必須考慮PE管回復至原管徑之時間內完成。

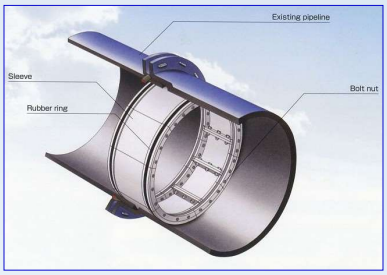
編號	PE管口徑 (mm)	縮徑器口徑 (mm)	口徑減少 %	伸長量 %	PE管溫度 ℃	最大拉力 KN	施工時期 (小時)
2	500	440	12	4.0	17 - 24	500	20
3	500	450	10	2.1	10 - 20	500	14

40

接頭內襯止漏環IRB





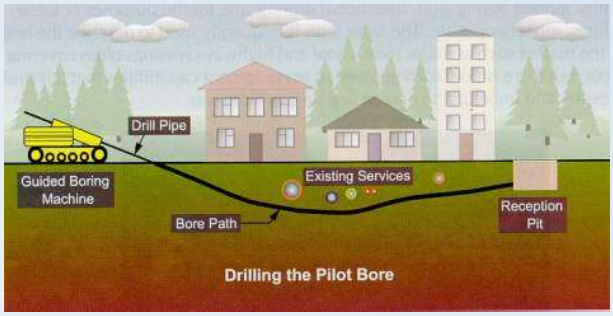


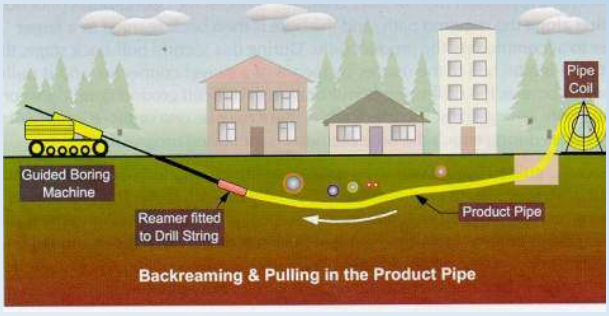
41

水平導向鑽掘工法- HDD , Horizontal Directional Drilling

原理步驟

藉地面操控鑽機進行鑽掘，產生地下淺層弧狀路徑孔道，具備導向系統，可在兩端定位點之間潛穿佈設導管、管線及纜線之工法技術。





42

工法優勢

1.工法技術成熟，可設定導引路徑與深度，不需全線開挖。 但不適用於硬岩層。

2.可長距離潛穿施工、弧形前進，適用於穿越河道、高速公路、地下障礙物、特殊保護區等。最長距離4600m (16" 管線,Netherland) ，口徑可達1,800mm (70") HDPE，取決於鑽機輸出扭力。

3.普遍應用於瓦斯、自來水、電力、電信、光纖、油管等管線。

關鍵技術

控制因子5D包括距離(Distance)、深度(Depth)、方位(Direction) 、傾角(Degree/Inclination)及偏移量(Deviation) 。



2013荷蘭鹿特丹DN600mm-1500M 鋼管



2015中國HDD穿越長江

43

水平導向鑽掘工法- HDD , Horizontal Directional Drilling

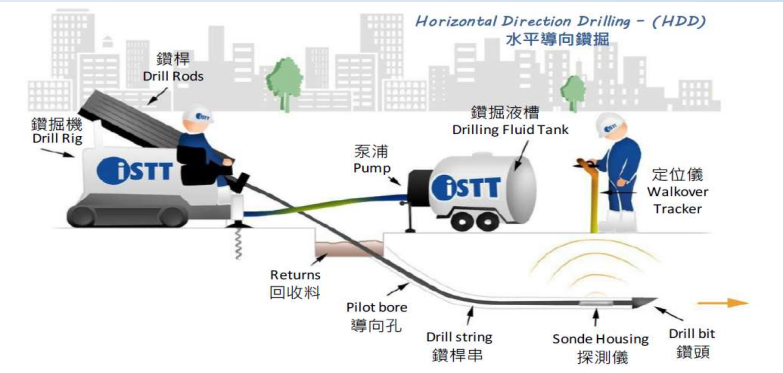
施工設備組成

(1)導向鑽掘機，包含鑽頭、擴孔器、旋轉接頭及回拉接頭。

(2)可相互連結之鑽桿，用於鑽頭推進與回拉設備。

(3)導向定位之傳送與接收設備，追蹤記錄鑽掘路徑位置。

(4)鑽掘液回收槽及循環泵浦。



44

鑽掘機



2014西班牙Ibiza島電纜線工程(電纜700M)



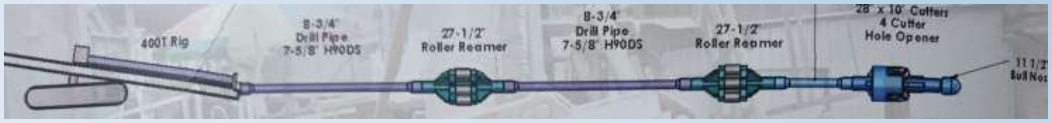
2013英國威特島纜線工程(電纜5600M)

各類鑽頭



45

各類擴孔器





46

HDD工法施工步驟

1.導鑽 Pilot Bore

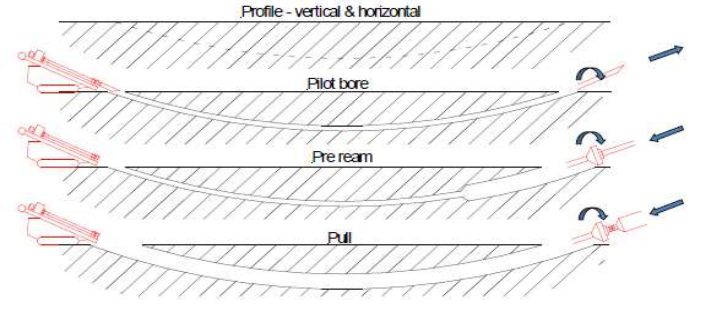
鑽桿依設定之路徑、深度及距離旋轉前鑽，鑽孔所留下之空間以高壓皂土液填充，並將土屑排出，皂土液作用為穩定液及鑽頭潤滑。一般口徑為216 ~ 444 mm(8 ½" –17 ½")。

2.擴孔及回擴 Prereaming

當鑽頭到達預定地點出土後，將鑽頭改成擴孔器，旋轉回拉並擴孔。擴孔所產生之孔隙以皂土液填充，並將土屑排出。可換成更大口徑擴孔器，分階段來回擴孔，反覆回拉擴孔至設計口徑。回拉速度控制在2-3m/min。

3.回拉管線 Product Installation

當擴孔達預定口徑時，同時拉入欲安置之管線，一般為鋼管或HDPE，即完成管線佈設。



47

台灣HDD工程案例







2017台中港中油油管工程(共4段)

最長1,412 M, DN36"

磁場追蹤導向定位系統

48

- 推進工法- Pipe Jacking

推進機頭



DIP推進管



49

機頭出坑



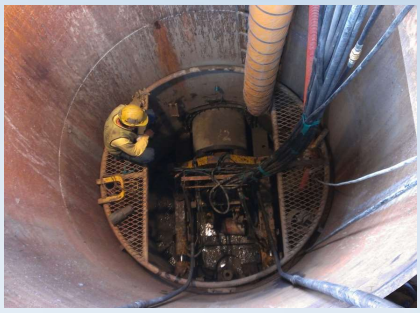
推進作業(反力座與千斤頂)



50

T型短管推進施工

發進工作井

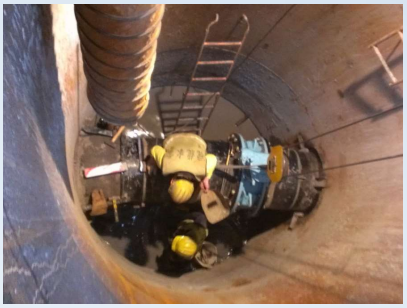




T型短管
推進管材

破鏡到達





井內管線接合

51

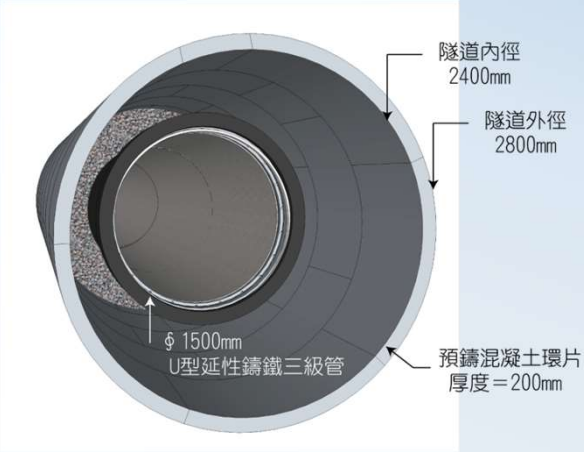
● 潛盾工法- Shield Tunneling Method





52

潛盾隧道U型DIP穿管安裝





53

U型DIP管混凝土背填固定





54

4.壓力管線配管技術

55

配管設計基礎知識

- 管材選擇
- 接頭型式
- 附屬設備
- 井內配管

56

管材選擇

- **水泥管** 預力鋼襯混凝土管PCCP
  預力混凝土管 PSCP
- **金屬管** 球狀石墨延性鑄鐵管 DIP
  鋼管SP　不鏽鋼管SSP
- **塑化管** PVC 、HIP 、
  高密度聚乙烯管HDPE











57

管線設計管材選用評估表(參考)

管材 / 標準 / 設計條件		金屬製品			塑化製品				水泥製品	
		延性(球狀石墨)鑄鐵管(DIP)	鑄鐵管(CIP)	鋼管(SP)	塑膠管(PVCP)	強化塑膠管(ABS)	玻璃纖管(FRP)	玻璃纖維強化塑膠管(RVCP)	預力混凝土管	
									無鋼襯(PSCP)	鋼襯(PCCP)
		CNS-10808	JWWA-6102	CNS-6568	CNS-4053	CNS-13344	CNS-11648	CNS-11608	CNS-11691	CNS-12285
一、內部限制條件		設計時衡量管種**容許使用壓力**，同時考慮外壓與基礎條件，綜合分析效應選定管種。								
二、地理條件										
	露天配管	○(*1)	○(*1)	○(*1)	×	×	×	×	×	×
	由RC結構物下通過	○(*2)	○(*2)	○(*2)	×	×	×	×	×	×
	電車軌道附近	○	○	○(*3)	○	○	○	○	○	○
	管道內套管	○(*1)	○(*1)	○						×
三、施工及土壤地質條件										
	管材腐蝕性	○(*5)	○(*5)	×	○	○	○(*4)	○	○	○
	地質土壤軟弱	○(*6)	×	○(*6)	×	×	×	×	×	×
	現場施工性	×	×	○(*7)	×	×	×	×	×	×
四、重車通過		○	○	○(*2、8)	×	×	×	×	×	○(*2、8)

*2.應檢討外壓、基礎條件及管件外特殊塗裝。
*8.外壓大時應加厚或按外壓條件特別設計。

58

管線規格口徑與配件

■ 常用標稱管徑規格

✓ 輸配水管DIP

- 100 → 150 → 200 → 250 → 300 →350 → 400 mm
- 500→600→700→800→900 mm
- 1000 →1200→1350→1500→1650 mm
- 2000→2200→2400→2600 mm
- PCCP 3200→3400 mm

✓ 給水管

- PVC/SSP - 13mm/ 20mm/ 25mm/ 40mm/ 50mm
- DIP - 75mm/ 100mm/ 150mm

■ 耐壓等級

- 7.5K、 10K 、16K、20K

■ 附屬配件及設施

- DI 彎接頭 90°、45 °、 22½°、11¼°、$5^{5/8}$°
- 固定台
- 管件 - 短管/套管/丁字管/伸縮拉桿/可撓管
- 閥類 - 排氣閥/制水閥/蝶閥等
- 流量計
- 消火栓

59

北水處輸配水管經常使用管材比較(DIP、PCCP及STP)

管材	優點	劣點	適用範圍
延性球狀石墨鑄鐵管DIP **(水泥襯裡)**	1.強度大，能耐腐蝕。 2.富延展性，能耐衝擊。 3.機械接頭撓曲度及伸縮性佳。 4.安裝技術簡易。 5.另件齊全，並有防脫配件。	1.重量較大。 2.接頭較易脫開，彎管需設固定台。 3.土壤腐蝕性高時，管外需防蝕。	使用於一般之輸配水管，道路自來水管埋設**最常使用之管種**。
預力鋼襯混凝土管（PCCP）	1.耐腐蝕及耐電蝕性優。 2.內面粗糙率不依時間增加。 3.能耐外壓。 4.成本較低。	1.粗重、搬運施工費力。 2.接頭撓曲性及水密性較差。 3.零件不齊全，無統一規格，不易維護。	延性鑄鐵管無法鑄造之**大口徑管材**
鋼管（STP）	1.抗張及抗彎曲強度大。 2.富延展性，耐衝擊。 3.可熔接為一體，無接頭開脫問題。 4.重量較輕，易搬運施工。 5.現場加工簡易。	1.熱膨脹率大，需配伸縮及撓曲另件。 2.需考慮電蝕預防。 3.管溝積水時，接頭熔接及上塗料不易施工。 4.大口徑管材易壓扁變形。	**高壓力區域、揚水管**初始段或配合管遷吊掛。

60

1.預力鋼襯混凝土管 PCCP PreStressed Concrete Cylinder Pipe

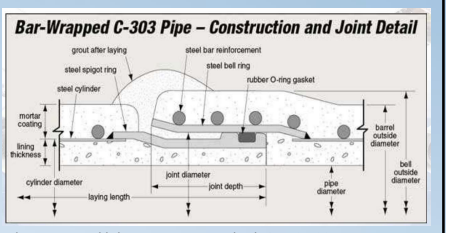




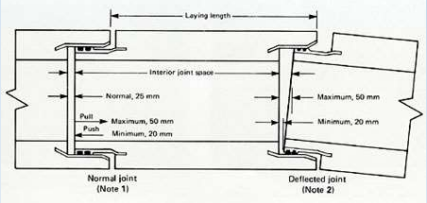
61

PCCP接頭構造與容許撓度

Nominal Inside Pipe Diameter	Deflected Joint (2)			Beveled Joint (3)	
	Maximum Allowable Deflection	Maximum Allowable Deflection	Minimum(4) Pipeline Centerline Radius	Maximum Bevel	Minimum(4) Pipeline Centerline Radius
(mm)	(mm)	(degree)	(mm)	(degrees)	(m)
1200	30	1.31	219	5.00	57
1400	30	1.14	376	5.00	86
1600	30	1.01	426	5.00	86
1800	30	0.90	477	5.00	86
2000	30	0.81	528	5.00	86
2200	30	0.74	586	5.00	86
2400	30	0.68	655	5.00	86
2600	30	0.63	678	4.50	95
2800	30	0.59	736	4.50	95
3000	30	0.55	781	4.00	107



https://puretechltd.com/wp-content/uploads/SABIC-PCCP-Assessment-Pure.pdf

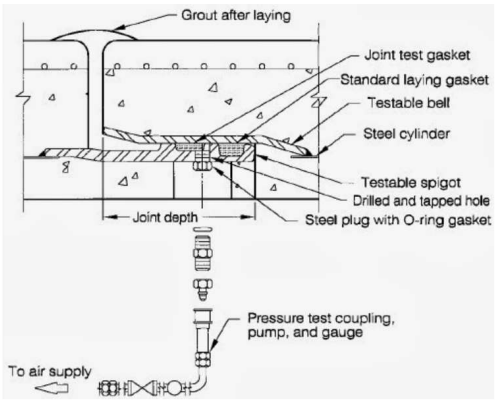


- 安裝時留25mm正常內縫間距。
- 標準接頭藉容許撓度形成偏轉以因應線形校正和坡度。
- 更大角度線形及坡度偏轉，須以帶斜面套管銜接處理。

http://www.ameronsal.com/pccp_deflections.htm

62

PCCP接頭試水





- 接頭試水5 kg/cm^2，持續5分鐘，仍維持4 kg/cm^{2}以上合格。

63

2.延性石墨鑄鐵材質 DIP

自來水管材發展歷程

- **輸配水管**
  - CIP → MJP → DIP
  - STP
  - RCP / PCCP/PSCP
  - PVC / CPVC/ HDPE
- **給水管**
  - LP → ABS/GIP/PB→PVC → SSP



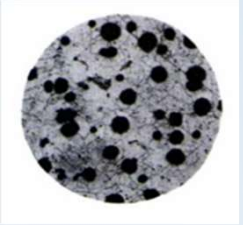
臼口接頭鑄鐵管
CIP(Cast Iron Pipe)
承插接頭鉛封
民國 58 年以前使用

接頭型式改革



機械接頭高級鑄鐵管
MJP(Mechanical Joint Pipe)
片狀石墨
民國 58 至 68 年間使用

材質性能改革



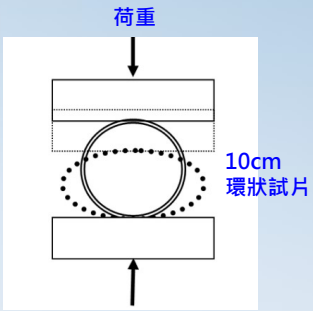
球狀石墨延性鑄鐵管
延性鑄鐵管DIP(Ductile Iron Pipe)
球狀石墨
民國 69 年以後使用

64

北水處DIP管材材質規範

種類 \ 項目	抗拉強度試驗		硬度試驗	壓扁度	球化率	粉體內襯拉拔強度
標稱管徑 mm	抗拉強度 N/mm²	伸長率%	硬度 HB	mm	%	MPa
75~100	420 以上	10 以上	230 以下	1/10 D	70 以上	16
150~250				1/8 D		
300~450				1/6 D		
500~2600				1/4 D		

壓扁試驗



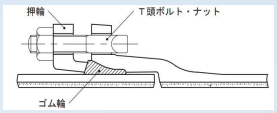
65

DIP接頭型式

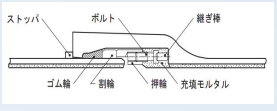
DIP接頭型式

柔性接頭

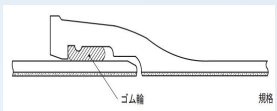
K型(Kai-ryou)



U型(Uchi-gawa)

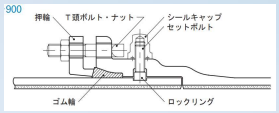


T型(Tyton Joint)

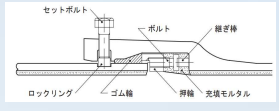


剛性接頭

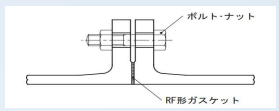
KF型(K-Fix)



UF型(U-Fix)

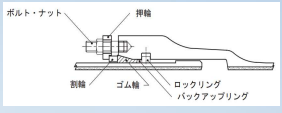


平口凸緣(Flange)

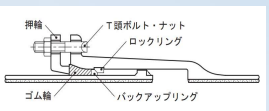


扣鎖接頭

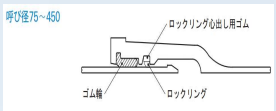
S型(Seismic)



SII型(Seismic)



NS型(New S)



66

各工法DIP管線適用接頭

- **明挖工法**　　A型, K型, 平口凸緣法蘭接頭
- **推進工法**
  - 長距離推進　U型, UF型接頭 ≧ 800mm
  - 短管推進　T型接頭 ≦ 700mm
  - 小管推進　T型接頭
- **潛盾隧道內佈管**　　U型, UF型接頭

推進用管




潛盾隧道用管




67

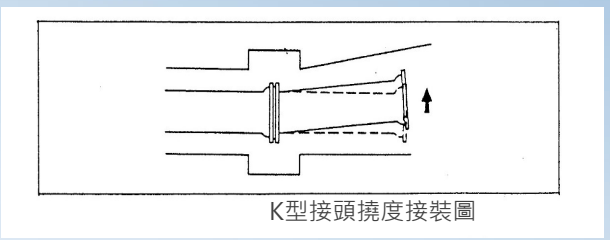
球狀石墨延性鑄鐵管DIP(Ductile Iron Pipe)

1.可撓性

- 最大彎曲角度

  對應地震或地面沉降彎曲
  ≒ 2倍施工接合允許彎曲角度

- 可撓度因接頭型式而異。



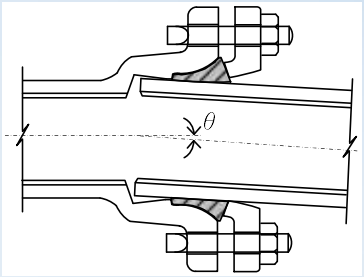
K型接頭撓度接裝圖

容許撓角 θ =1.5°~5°

2.水密性

承插接合(管頭為承口，管尾為插入端)

接合時利用壓圈及螺栓將橡膠圈推入縫隙，發揮水密功效。



K型延性鑄鐵管接合部詳細圖

68

1.可撓性

各類接頭容許撓度

●図表3-3-2-2　許容曲げ角度

呼び径	接合形式						
	GX形	NS形、S形	US形	PN形、P Ⅱ形	K形	T形	U形
75～200	4° 00′	4° 00′	—	—	5° 00′	5° 00′	—
250					4° 10′		
300		3° 00′		4° 00′	5° 00′	4° 00′	
350	—				4° 50′		
400	4° 00′				4° 10′	3° 30′	
450	—			—	3° 50′	3° 00′	
500		3° 20′		4° 00′	3° 20′		
600		2° 50′			2° 50′		
700		2° 30′		3° 00′	2° 30′	2° 30′	
800		2° 10′	2° 10′		2° 10′		2° 10′
900		2° 00′	2° 00′		2° 00′		2° 00′
1000		1° 50′	1° 50′		1° 50′	2° 00′	1° 50′
1100		1° 40′	1° 40′	2° 45′	1° 40′		1° 40′
1200		1° 30′	1° 30′		1° 30′		1° 30′
1350				2° 30′	1° 20′		
1500				1° 50′	1° 10′		
1600			1° 10′	—	1° 30′		1° 10′

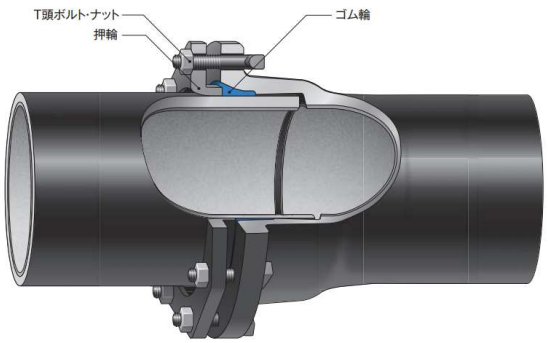
69

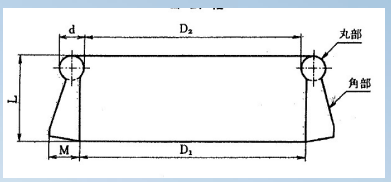
2.水密性

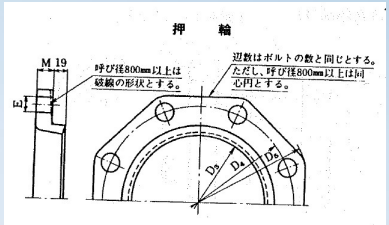
K型管配件(外鎖螺栓)

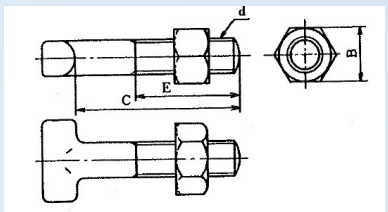
- 橡膠圈(球部及角部)
- 壓圈(FCD 400)
- T頭螺栓(鑄鐵 FCD 400)

●図表3-5-1-2　K形の継手構造







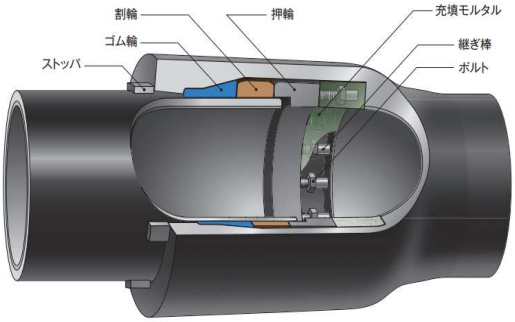


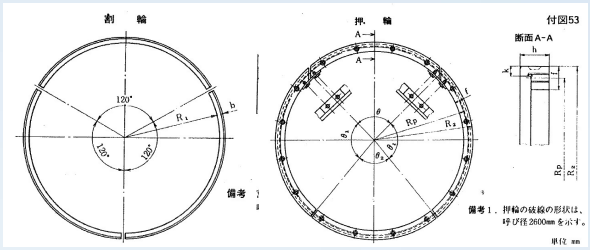
70

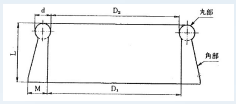
U型管配件(內鎖螺栓)

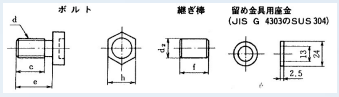
- 橡膠圈
- 組合圈環片(相同三等分,厚度6mm FCD製)
- 壓圈(分為四片大小不同,有扣環固定)
- 螺栓(鎖附在壓圈上,鎖頭內凹)
- 墊棒(圓柱體,置入螺栓鎖頭內凹處,可有不同長度)

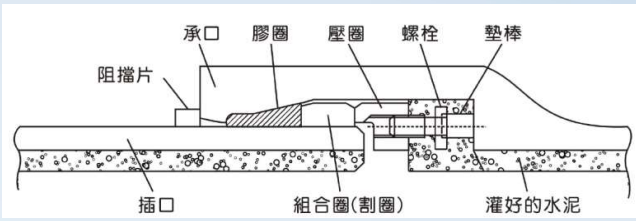
●図表3-5-3-2 U形の継手構造











71

3.鋼管管材

採用構造用**壓延鋼帶**或**鋼板**，材質需符合CNS 6568標準製造

標稱管徑 80~4000 mm

一般水管用

機械性能

管徑		300mm以下	350mm以上
抗拉強度N/mm²（kgf/mm²）		290（30）以上	400（41）以上
伸長率%	橫向	25以上	18以上
	縱向	30以上	-
降伏點N/mm²（kgf/mm²）		-	225（23）以上

化學成份

管徑	300mm以下	350mm以上
磷%	0.04以下	0.04以下
硫%	0.04以下	0.04以下
碳%	-	0.25以下

水管橋用

機械性能

管　　徑		300mm以下	350mm以上
抗拉強度N/mm²（kgf/mm²）		370（38）以上	400（41）以上
伸長率%	橫向	25以上	18以上
	縱向	30以上	-
降伏點N/mm²（kgf/mm²）		215（22）以上	225（23）以上

化學成份

管徑	300mm以下	350mm以上
磷%	0.04以下	0.04以下
硫%	0.04以下	0.04以下
碳%	0.25以下	0.25以下

72

- **接頭**

(1)**工地直接銲接**　依工程設計圖需求製作

➢700mm以下永久性鋼管，兩端加銲10公分與原鋼管厚度相當之**304不銹鋼管**，該部分不塗防蝕塗料，運至現場現場銲接銜接。

(2)**法蘭平口接頭**　法蘭平口接頭及機械接頭應照CNS 6666標準製造

➢壓力等級

➢法蘭密封面　平面(FF)、凸面(RF)&槽面(GF)等

(3)**機械接頭**

- **橡膠圈**　大小、形狀應符合接頭之設計，並須符合CNS 10774第I類A種之規定。

- **保護層**

➢**管內**: 露出管及埋設管採用

- 環氧樹脂柏油漆（Tar Epoxy）0.5mm以上或符合飲用水標準之**環氧樹脂漆（Epoxy）**0.25mm以上
- 聚乙烯膜熔襯。

➢**管外**

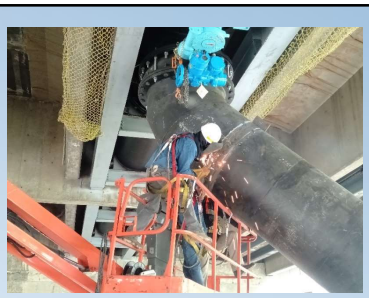
露出管：**油漆**、聚乙烯布或聚乙烯膜熔襯。
埋設管：**環氧樹脂柏油漆(Tar Epoxy)**、柏油等塗料或聚乙烯布、聚乙烯膜熔襯

73

鋼管焊接


原水鋼管

橋樑附掛銜接段






鋼管防鏽處理

74

尺寸外觀查驗





焊道超音波檢驗





鋼管超音波檢測

塗裝膜厚檢驗

75

銲接接口則應先對準端口後點銲固定並全端口內外銲接，以避免裝接後產生漏水情形。

(1)工地銲接處檢查：

A.目視檢驗(VT)：承包商應於完成銲接後，由合格檢測人員依規定辦理**100%自主目視檢驗**，並作成紀錄備查。

B.非破壞探傷檢測：依CNS6568第4.4.1辦理非破壞探傷檢測，得施予超音波檢測、渦電流檢測或射線檢測中之任一項，由業主工地工程司依每批**銲道總長度40%**比例抽樣辦理。

檢測結果不合格者，除將該處鏟除重銲後重新檢測，並於鄰近加測2處，檢測結果必須全部合格，否則其餘部分之銲道均應加檢測。

(2)工地保護層檢查：

承包商應於工地補漆或施作保護層。

76

潛盾發進井鋼管試壓 25 Kg/cm^2 60秒



77

管線附屬設施

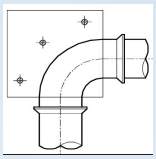
管線附屬設施

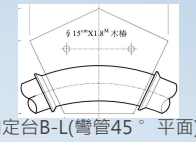
- 彎管與固定台
- 制水閥
- 排氣閥
- 排水閥(排泥閥)
- 減壓閥或持減壓閥
- 伸縮可撓管或伸縮接頭
- 消防栓

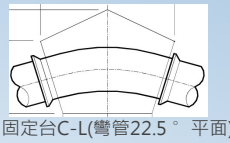


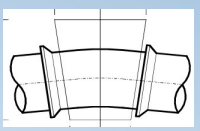
78

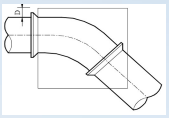
彎管與固定台

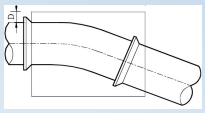

固定台O-L(彎管90° 平面)

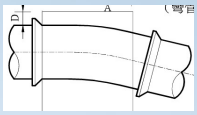

固定台B-L(彎管45° 平面)

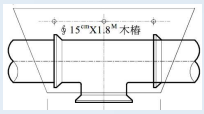

固定台C-L(彎管22.5° 平面)

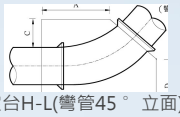

固定台D-L(彎管11.25° 平面)

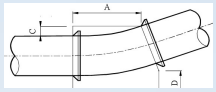

固定台E-L(彎管45° 立面)

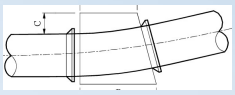

固定台F-L(彎管22.5° 立面)

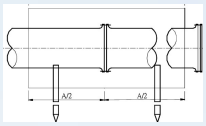

固定台G-L(彎管11.25° 立面)

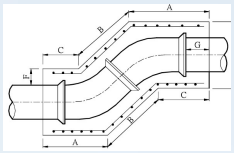

固定台A-L(丁字管)

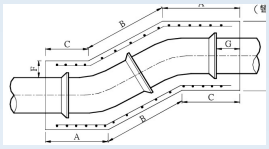

固定台H-L(彎管45° 立面)

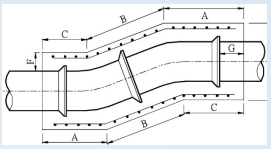

固定台I-L(彎管22.5° 立面)


固定台J-L(彎管11.25° 立面)


固定台N-L(管末端)


固定台K-L(彎管45° 反向)


固定台L-L(彎管22.5° 反向)


固定台M-L(彎管11.25° 反向)

79

固定台

固定台設計應使土壤側壓 (E) 及摩擦力(μW)之和大於水壓產生之推力 P

設置目的

抵抗管內水壓作用合力，避免發生接頭開脫管線變位漏水。

設置數量及位置

- ✓ 依管線推力計算表按管徑設置固定台。
- ✓ 加壓站抽水機出水管水壓高，固定台酌予加大。
- ✓ 鋼管採銲接施工，使管體連結成一體，原則上不需設置固定台，但制水閥前後及裝設伸縮接頭處，可視情形設計混凝土固定台。

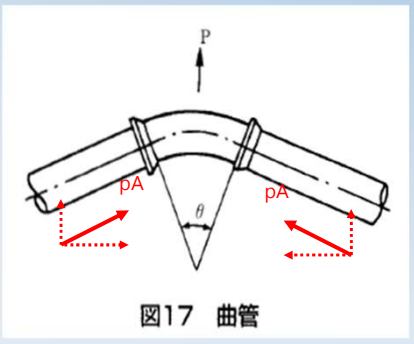


図17 曲管

A:管斷面積 p :水壓

$$P=2pA\sin(\theta/2)$$

80

防脫接頭

1000mm輸水管水錘推力

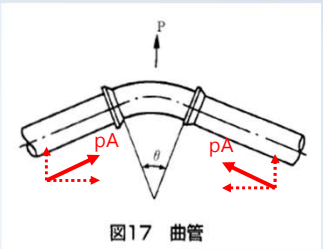


図17 曲管

A:管斷面積

p :水壓

1000mm輸水管45° 彎管水錘推力計算

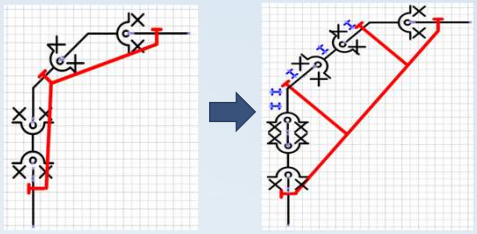
P=2pAsin(θ/2)

=2x(1 kg/cm²)x7854xsin(45°/2)

=6011 kg

=6.1 ton





81

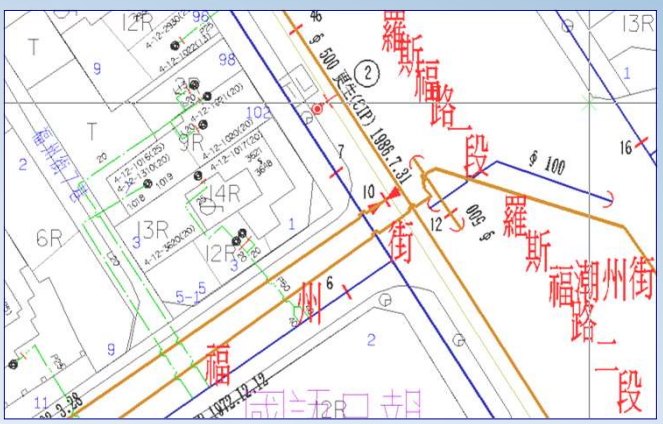
制水閥

設置目的

擴充預留、裝接用戶進水管、維護操作、漏水搶修等斷水需求。

設置數量及位置

- ✓ 操作少數制水閥，可使停水區域局限於最小範圍。
- ✓ 設置在管路分歧點下游



旁通副閥 4kg/cm²以上高水壓管路，管徑400mm以上制水閥會裝設副閥。

操作漏水 大型制水閥(蝶閥)關閉時，因單邊推力，易造成有水側管線接頭脫開漏水。

82

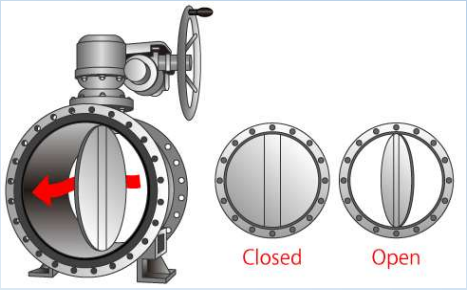
- **閘閥**
  彈性座封制水閥





- **蝶閥**







83

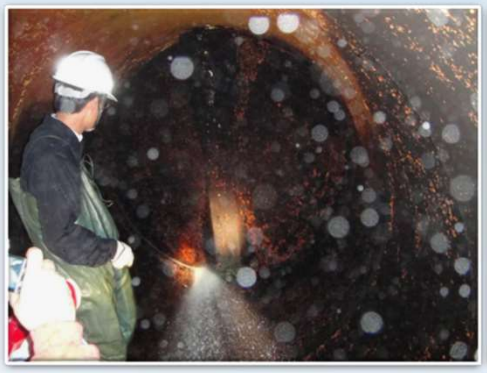
蝶閥無法止水案例

- 案例1 : 2000mm蝶閥

  型式及材齡： 無偏心蝶閥(橡膠位於閥體)

  破壞型態： 閥軸側邊漏水

  可能原因： 橡膠老化彈性疲乏，無法發揮彈性止水



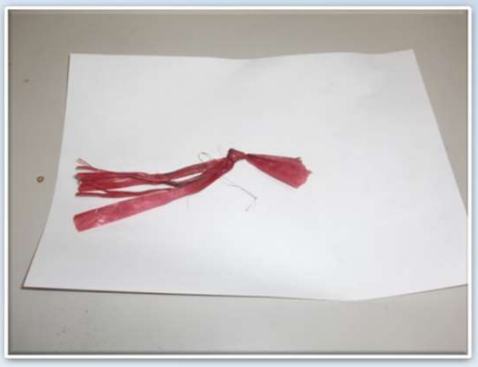


84

蝶閥無法止水案例

- 案例2 : 清一幹線調度新設2400mm蝶閥滲漏
  型式及材齡： 雙偏心蝶閥(橡膠座封位於閥盤) 0年
  破壞型態 :上方軸心塑膠繩卡住橡膠座封漏水
  可能原因： 管內施工異物未完全清除，隨水沖流卡住閥軸





85

排氣閥　複合式排氣閥(Air Valve)

設置目的

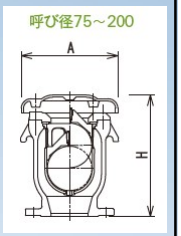
排出管內積存空氣(新通水或復水操作)，或**吸入**管外空氣。



25mm排氣閥



75mm排氣閥



設置數量及位置

- ✓ 設於管段突點**局部高點**。水平裝設。
- ✓ 800mm以上設600mm丁字管兼為維修人孔，其上裝設排氣閥。
- ✓ 400mm以下管線設口徑20~50mm複合式AV
  500mm以上管線須採口徑75mm以上複合式AV



排氣閥箱無塗設黃色漆

86

伸縮可撓管/伸縮接頭

設置目的

在可能發生不均勻沉陷之處，或管線存有角變位之處，使用具適當伸縮撓度設施，**預防錯位開脫**。

設置數量及位置

- ✓ 可撓管裝設於水管橋、過橋管、穿過河底、隧道入口等處兩端。
- ✓ **鋼管明管部份**，考慮接頭銲接處受熱產生之應力，及不平衡力，**每20~30m**設酌予置1處伸縮接頭。
- ✓ 埋管部分，由於鋼管可抵抗溫度變化所產生之應力，故可忽略伸縮接頭設置。
- ✓ 夏季安裝施工，伸縮接頭內不留空隙，冬季施工，依比例每10m直管預留10mm間隙。





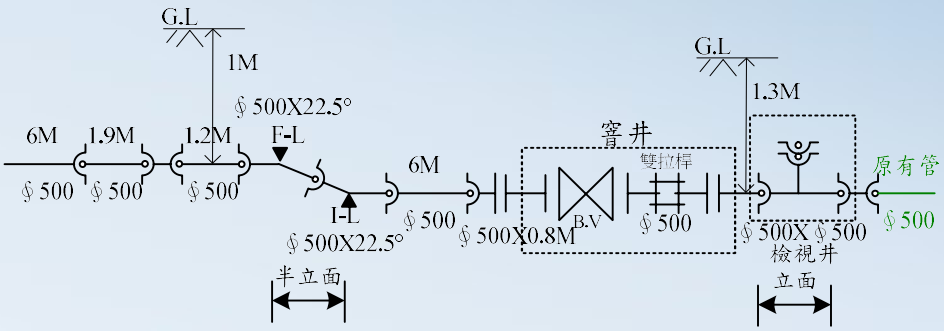


87

5.工作井內配管

88

管線接合



89

大口徑管線接合現場放樣作業

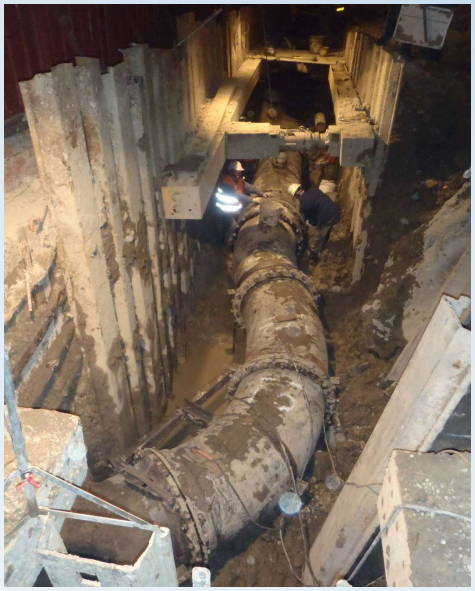
接合形式	彎管口徑	90° 彎管		45° 彎管		22.5° 彎管		11.25° 彎管	
		L	H	L	H	L	H	L	H
K型	400	1500	1500	1700	704	1858	369	2448	241
	450	1502	1502	1843	763	2000	397	2450	241
	500	1704	1704	1988	823	2172	432	2844	280
	600	1955	1955	2275	942	2481	493	2846	280
	700	2157	2157	2558	1059	2791	555	2850	280
	800	2361	2361	2849	1180	3104	617	2858	281
	900	2564	2564	3137	1299	3416	679	2864	282
	1000	2668	2668	3426	1419	3728	741	2870	282
	1100	2769	2769	3712	1537	3961	787	2874	283
	1200	2771	2771	3716	1539	3965	788	2878	283
	1350	2774	2774	3721	1541	3972	790	2884	284
	1500	2778	2778	3728	1544	3978	791	2891	284
	1600	2828	2828	2767	1146	3024	601	3090	304
	1650	2830	2830	2770	1147	3028	602	3093	304
	1800	2935	2935	2777	1150	3037	604	3103	305
	2000	–	–	2789	1155	3049	606	3115	306
	2100	–	–	3077	1274	3361	668	3121	307
	2200	–	–	3081	1276	3366	669	3127	308
	2400	–	–	3178	1316	3474	691	3240	319
	2600	–	–	3294	1364	3713	738	2396	236





90

幹管接合施工時間



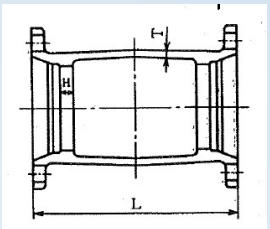
各口徑管線接合施工時間概估

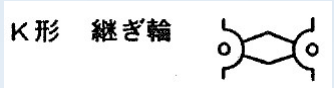
口徑(mm)	斷管1處所需時間	1處接口所需時間(含吊裝)
600~800	45分鐘	30分鐘
900~1200	1小時	45分鐘
1350~1650	2~3小時	60分鐘
1800~2000	4小時	90分鐘



91

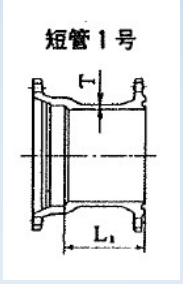
●套管(套筒)

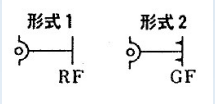




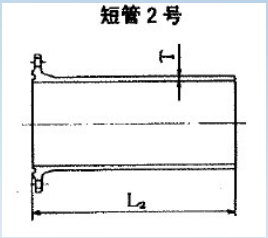
●短管甲

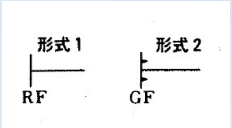
單承口單突緣



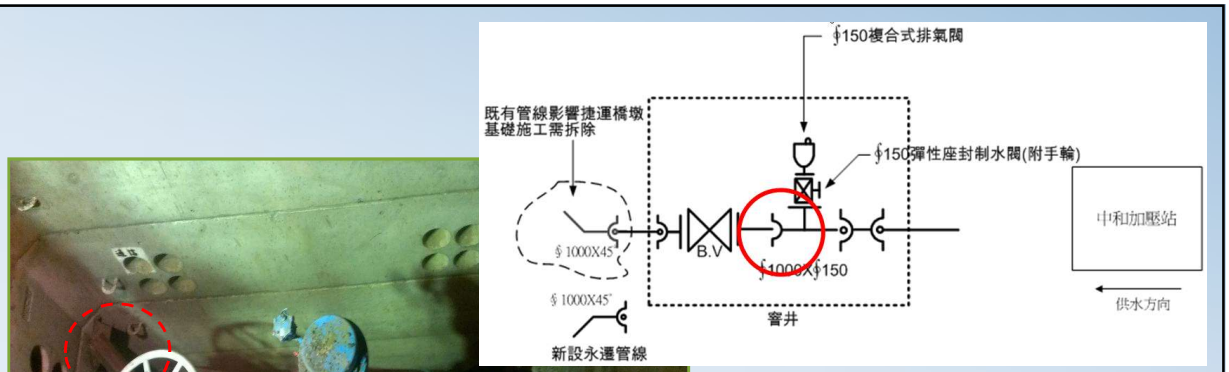


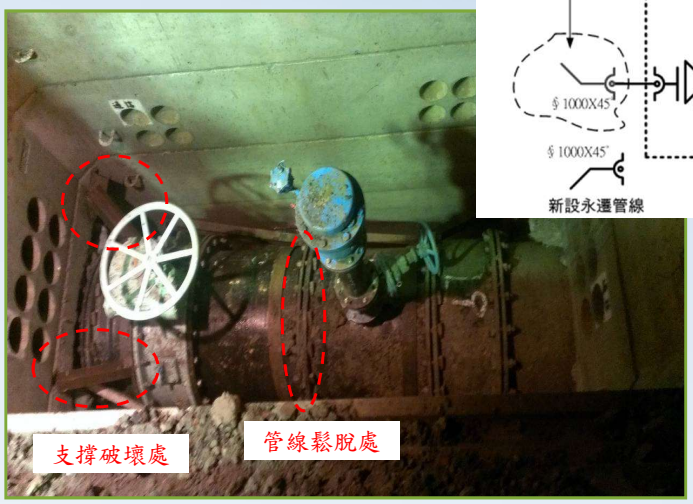
●短管乙





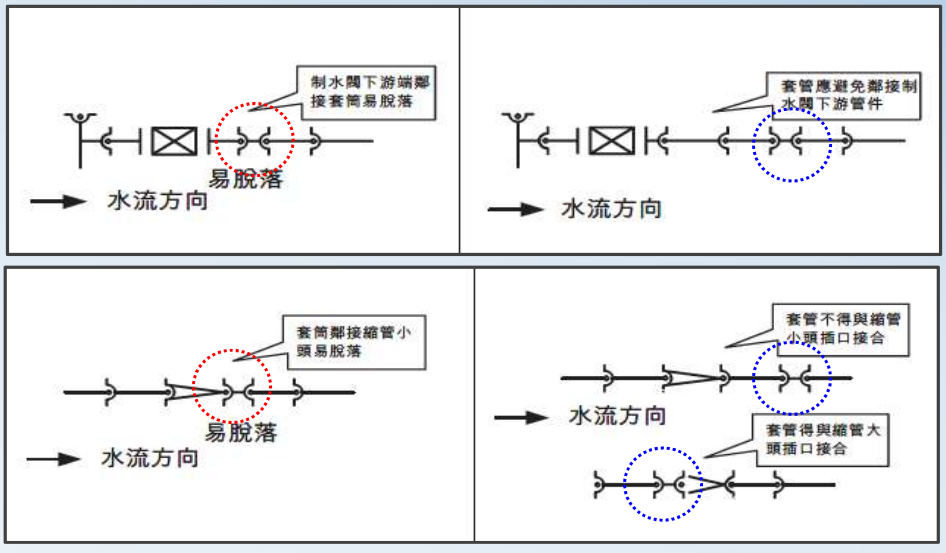
92


φ150複合式排氣閥
既有管線影響捷運橋墩基礎施工需拆除
φ150彈性座封制水閥(附手輪)
φ1000X45°
B.V
φ1000X45°
φ1000X150
新設永遷管線
窨井
中和加壓站
供水方向


支撐破壞處
管線鬆脫處

93

●套管(套筒)設置


錯誤
正確
制水閥下游端鄰接套筒易脫落
易脫落
水流方向
套管應避免鄰接制水閥下游管件
水流方向
套筒鄰接縮管小頭易脫落
易脫落
水流方向
套管不得與縮管小頭插口接合
水流方向
套管得與縮管大頭插口接合

94

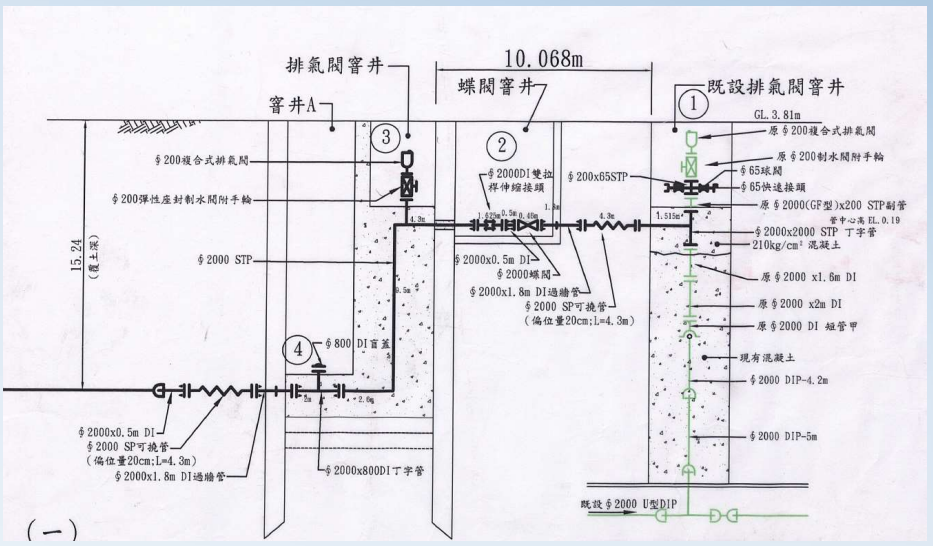
工作井大型平口接頭管件及設備吊裝





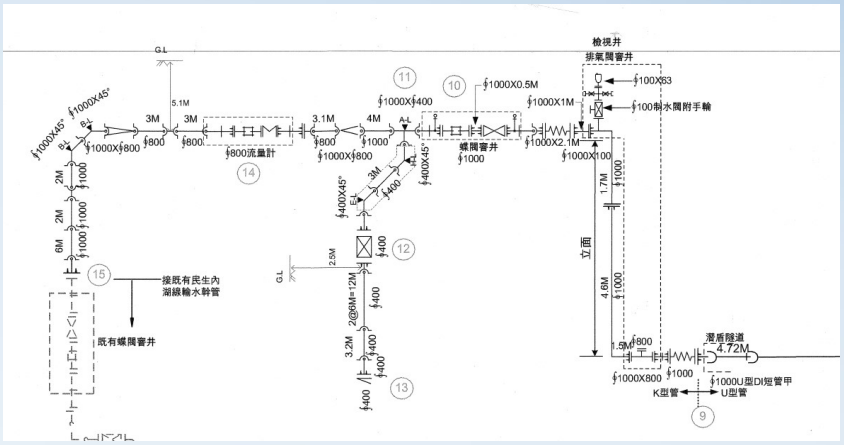
95

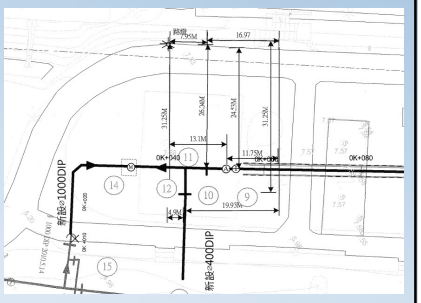
潛盾工作井管線安裝圖



96

潛盾工作井管線安裝圖





97

結語

1.國際免開挖技術設備研發日新月異，相關知識需與時俱進，但引進時，須注意國外實績及國內施工技術轉移。

2.免開挖技術工法種類眾多，各有其優勢與限制，最適工法之採用源自能否解決當下問題，且須考量本土管道特性。

3.以免開挖工法新設管道，尚需與管線系統特性結合，考慮服務機能所需附屬設施之配置合理空間及施工可行性。

98

參考資料

1.壽克堅等, 免開挖技術指南, 中華民國地下管道協會, 2022.7。

2.延性石墨鑄鐵管指引, 日本延性石墨鑄鐵管協會,2018.1.1。

3.臺北自來水事業處, 管線工程竣工 圖繪製作業須知, 108.5.24

4.陳維政等人,輸水幹管蝶閥無法止水影響因子及對策之探討,中華民國自來水協會101年專題研究案計畫,2013.5。

5.陳維政,吳世紀,參加2019國際免開挖協會世界大會,臺北自來水事業處出國報告, 2018.12.16.

6.臺北自來水工程總隊數位教材。

7.廖學良,台灣中大口徑水平導向鑽掘工程案例介紹, 地下管線水平導鑽(HDD)之設計施工與品質管控研討會,2017.10.2-3.

99

感謝聆聽　敬請指教

Better Water Better Life

100