

台灣下水道協會標準	發泡聚苯乙烯推進力傳達材	總號	00025
TSS		類號	PS005

Expanded Poly-styrol (EPS) for jacking force transfer material 目錄

節次	頁次
1. 適用範圍.....	2
2. 引用標準.....	2
3. 名詞釋義.....	2
4. 種類.....	3
5. 形狀及尺度.....	4
6. 品質.....	4
6.1 外觀.....	4
6.2 尺度許可差.....	4
6.3 性能要求.....	4
7. 試驗.....	4
7.1 外觀檢查.....	4
7.2 尺度檢查.....	4
7.3 試驗場所及試片之狀態調節.....	4
7.4 試片之製備.....	4
7.5 數值修整.....	4
7.6 密度試驗.....	4
7.7 抗壓強度試驗.....	5
7.8 抗彎強度試驗.....	5
8. 標示.....	6
 附錄 A (參考) 曲線推進之推進力傳達材選用與推進軸向應力檢討.....	 7

(共 12 頁)

公布日期 101 年 2 月 日	台灣下水道協會印行	修訂公布日期 101 年 2 月
---------------------	------------------	---------------------

1. 適用範圍

本標準適用於長距離、曲線推進施工時，為使推進管間管端應力分散、傳遞及管端開口保護為目的之發泡聚苯乙烯推進力傳達材（以下簡稱推進力傳達材）。

備註：本標準採用國際單位制（SI）。

2. 引用標準

下列標準因本標準所引用，成為本標準之一部分。引用標準適用最新版（包括補充增修）。

CNS 2828	塑膠狀態調節及試驗場所之標準情況
CNS 2925	規定極限值之有效位數指示法
CNS 3905	下水道用鋼筋混凝土管（推進工法用）
CNS 4175	游標卡尺
CNS 7406	硬質泡沫塑膠尺度測定法
CNS 7407	泡沫橡膠及泡沫塑膠視密度測定法
CNS 7408	硬質泡沫塑膠抗壓強度測試法
CNS 15464	長距離、曲線推進用鋼筋混凝土管

3. 名詞釋義

推進施工：地面免開挖之管線佈設，於工作井內將推進管安裝於掘進機後，掘進機掘削土層前導，後端利用在工作井裝置的千斤頂施加推進力將管壓入土層。可為直線推進、曲線推進及長距離推進。

長距離推進：一次推進距離大於標稱管徑 250 倍或 500 m 者。

曲線推進：兩工作井間含非直線段之推進施工方法。急曲線指曲線半徑在標稱管徑 80 倍以下。

推進力傳達材：推進力傳達材由其材質及發泡倍率而有不同壓縮性質，具有應變增大，應力度上昇穩定之特性。藉由推進力傳達材之彈塑性特性，作為前後兩支管間推進力傳達介面，能以適當應變，增加管端接觸面積，避免因應力集中造成管材損壞。

發泡聚苯乙烯（Expanded poly- styrol，簡稱 EPS）：在聚苯乙烯樹脂中加入發泡劑，同時加熱使其軟化產生氣泡，形成發泡樹脂。

彈塑性：材料加載時，初期應力應變關係比例變化小，荷重去除大致恢復原狀為彈性區域。後期應力應變曲線陡峭，變化率增大，荷重去除不會恢復原狀為塑性區域。推進力傳達材在彈性與塑性範圍間切換的區域很廣，這中間區域稱為彈塑性。

撓曲應變（flexural strain）：試片在跨距中央處的表面上之微小元素變化率，為無次元數或以百分率表示。撓曲應變 ε_f 以下式計算：

$$\varepsilon_f = 6 s h / L^2 \text{ 或 } 600 s h / L^2 \% , \text{ 式中, } s : \text{撓度 (mm), } h : \text{試片厚度 (mm), } L : \text{支點間距離 (mm) 。}$$

4. 種類

推進力傳達材依其密度分為 EPS 1.7、EPS 2.0、EPS 3.0、EPS 4.0 等 4 種類，如表 1 所示。推進力傳達材選用與推進軸向應力檢討參見附錄 A。

表 1 推進力傳達材之種類

種類	密度 kg/m ³
EPS 1.7	60 ± 4.2
EPS 2.0	50 ± 3.5
EPS 3.0	33 ± 2.3
EPS 4.0	25 ± 1.8

5. 形狀及尺度

尺度及許可差如表 2 所示。

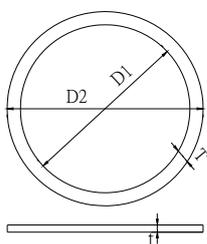


表 2 推進力傳達材尺度及許可差

單位：mm

標稱管徑 ^(a)	內徑 D1	外徑 D2	寬度 T	厚度 ^(b) t	許可差				全圓周分割 片數 ^(c)
					內徑	外徑	寬度	厚度	
800	830	940	55	10	±0.4%	±0.4%	±0.4%	+0.5 - .1	2
900	930	1060	65						2
1000	1030	1180	75						2
1100	1130	1290	80						4
1200	1230	1410	90						4
1350	1380	1570	95						4
1500	1530	1750	110						6
1650	1680	1920	120						6
1800	1830	2090	130						6
2000	2030	2320	145						6
2200	2230	2550	160						8
2400	2430	2780	175						8
2600	2630	3010	190						8
2800	2830	3240	205						12
3000	3030	3470	220						12

註：^(a) 標稱管徑尺度適用於 CNS 15464 之 E 型、E-N 型混凝土管，CNS 3905 之 T 型、3S 型接頭混凝土管，以及 CNS 14814 之 J 型特厚管。

^(b) 厚度為 10mm，依各推進工法應力計算，或有 2 片貼合者，例如厚 20mm，使用 2 片厚 10mm 貼合。

^(c) 全圓周分割數量之規定係交貨之要求。實際使用時得視需要裁剪。

6. 品質

6.1 外觀

外觀須符合下列規定。

- (a) 表面應為平坦。
- (b) 不得有針孔或其他有礙使用之裂紋、傷痕、污垢等缺點。

6.2 尺度許可差

尺度許可差須符合表 2 之規定。

6.3 性能要求

依第 7 節之規定試驗結果須符合表 3 之規定。

表 3 推進力傳達材性能要求

項目	種類			
	EPS1.7	EPS2.0	EPS3.0	EPS4.0
密度 kg/m^3	60±4.2	50±3.5	33±2.3	25±1.8
10%相對變形之壓縮應力 MPa	18.0 以上	14.5 以上	8.5 以上	5.0 以上
抗彎強度 MPa	16.2 以上	15.6 以上	10.8 以上	7.2 以上

7. 試驗

7.1 外觀檢查

依第 6.1 節所列各項外觀品質以目視檢查之。

7.2 尺度檢查

依 CNS 7406 之規定，測定推進力傳達材寬度 (T) 及厚度 (t) 之尺度。

7.3 試片之製備

- (a) 試體應取自發泡後經過 24 小時以上之製品，再自試體切取試片。
- (b) 依表 3 之性能要求進行試驗，各項試驗須取樣 5 個以上之試片測定之。

7.4 試驗場所及試片之狀態調節

試驗場所及試片之狀態調節依 CNS 2828 規定，標準條件如下。

- (a) 試驗場所應維持溫度為 $(23 \pm 2)^\circ\text{C}$ ，相對濕度為 $(50 \pm 5)\%$ 。試驗結果須記錄試片之狀態調節溫度與相對濕度。
- (b) 試片於試驗前應在前款所定之溫度及濕度狀態下調節 16 小時以上。

7.5 數值修整

依試驗所得之試驗結果如表 3 所示之位數表示之。數值依 CNS 2925 之規定修整。

7.6 密度試驗

7.6.1 儀器及裝置

依 CNS 7407 規定。

7.6.2 試片尺度

取原製品厚度，試片之標準尺度為 $(50 \pm 1) \text{mm} \times (50 \pm 1) \text{mm}$ 。

7.6.3 試驗步驟及結果之表示

依 CNS 7407 規定。

7.7 抗壓強度試驗

7.7.1 儀器及裝置

依 CNS 7408 規定。

7.7.2 試片尺度

取原製品厚度，試片之標準尺度為 (50 ± 1) mm \times (50 ± 1) mm。

7.7.3 試驗步驟及結果之表示

依 CNS 7408 規定。試驗結果記錄試片 10% 相對變形之壓縮應力，並繪製施力-變形量曲線圖。

7.8 抗彎強度試驗

7.8.1 儀器及裝置

- 試驗機須符合測試時所需之施力範圍與位移區間。移動速度須保持一定，能測計載重至精確度 $\pm 1\%$ 。對應於載重及撓曲量須具有能同時自動記錄裝置。
- 支持台之端部半徑 (R) 為 15 ± 1 mm，兩端部圓柱狀較試片之寬度長，並在同一水平面上平行設置。支持台跨距 L，在 150mm 至 450mm 間，跨距可以調整，推介跨距為 160mm。
- 加壓楔與支持台為同一形狀及尺度。加壓楔確保試片在支持台兩支點中間，與支持台平行設置。

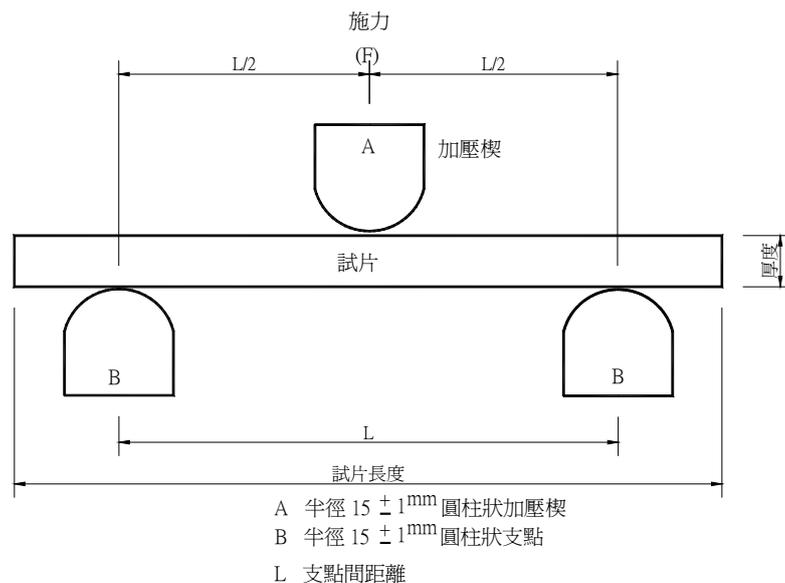


圖 2 試片及支持台側面圖

7.8.2 試片尺度

取原製品厚度，試片之標準尺度為 (210 ± 1) mm \times (40 ± 1) mm。

7.8.3 試驗步驟

- 依 CNS 7406 或 CNS 4175 規定之游標卡尺測量試樣尺度。試片於支持台上對稱放置，自試片表面以速率 (20 ± 1) mm/min 施加载重於跨距中央之全寬上，測定最大載重 (W)，記錄荷重撓度曲線圖。
- 試片在撓曲應變達到 5% 前破裂時，記錄破壞荷重。通常，試片在撓曲應變超過 5% 即無必要再繼續試驗。
- 檢查試片有無破裂，如有破裂時，不能據以計算抗彎強度。

7.8.4 結果之表示

依下式計算各試驗試片抗彎強度測定值及 5 試片之平均值。

$$R = 1.5 F_R \times \frac{L}{bd^2}$$

式中，R：抗彎強度 (MPa)

F_R ：最大施力 (N)

L：跨距 (mm)

B：試片寬度 (mm)

d：試片厚度 (mm)

8. 標示

於製品或包裝上需標示製造廠商名稱或其商標、製品密度之種類及製造批號等。

附錄 A (參考)

曲線推進之推進力傳達材選用與推進軸向應力檢討

本附錄非屬標準本文之一部分，而用於補充本文之相關事項。

A.1 概述

曲線推進施工作業時，以推進力傳達材調整推管方向，管材於曲線區間，曲線外側管接頭之接縫呈張開狀態，管相互間在內側接觸，成為推進力傳達路徑，接觸狀態為點接觸，形成強度集中，容易造成管材破損。曲線推進時，管端部位強度分散之方法材料有很多種，而使用發泡聚苯乙烯推進力傳達材為方法主要材料之一。推進力傳達材之材質、形狀、厚度等有所不同，配合曲線部位之管段有必要依施工條件（土質、線形條件）、工法、推進力等現場條件選用合適之推進力傳達材及進行推進軸向強度檢討，以利曲線推進工程之進行。

A.2 曲線推進之計畫流程

曲線推進之計畫流程如圖 A.1 所示。確保推進管安全確實推進作業目的，必須依序進行相關檢討與計算，針對急曲線或複數曲線施工，相關事項尤須作充分技術檢討。

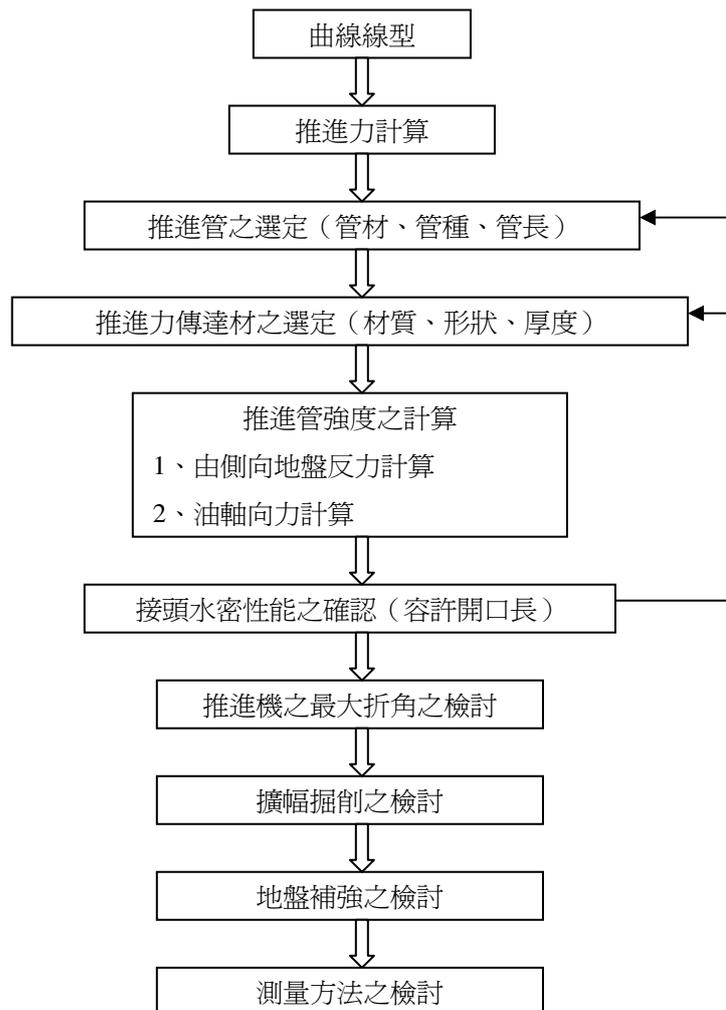


圖 A.1 曲線推進之計畫流程

A.3 曲線推進時推進管之容許強度值

曲線推進時，管端部位使用推進力傳達材來傳達推進力，推進力傳達材由於推進力發生壓縮，其壓縮應力值須與推進管之鋼筋混凝土軸向壓縮強度值互予以考量。推進管發生軸方向壓縮強度之最大值應即為推進力傳達材之壓縮率最大處所，此應力值與管體之鋼筋混凝土抗壓強度之安全性有必要予以確認。其中，曲線推進時推進力傳達材發生之最大壓縮應力值，應低於鋼筋混凝土管之容許抗壓強度，以避免推進管發生破損。

依下式算出推進管（鋼筋混凝土）之容許抗壓強度值。

$$\sigma_{ca} = \frac{f'_{ck}}{\gamma}$$

式中， σ_{ca} ：推進管（鋼筋混凝土）之容許抗壓強度（N/mm²）

f'_{ck} ：推進管（鋼筋混凝土）之設計基準強度（N/mm²）

γ ：安全係數 2

設計基準強度為混凝土之 28 天抗壓強度，當混凝土之 28 天抗壓強度為 50MPa 時，其容許抗壓強度為 25 MPa。

A.4 推進力傳達材之壓縮變形

同一曲線半徑之曲線區間內，管接頭部位之折角為一定，推進力傳達材依一定的角度被壓縮變形，如圖 A.2 所示。前後之推進管所夾之推進力傳達材，通過其本身適當應變增加與管之接觸面積，以達到應力分散，壓縮應力值與傳達面積之乘積等於推進力。

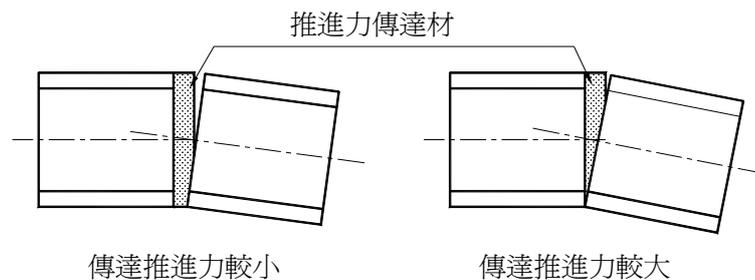


圖 A.2 推進力傳達材之壓縮變形

A.5 曲線半徑及曲線數

曲線半徑及通過的曲線之數，會造成推進力之傳達面積及壓縮量變化，應力值亦隨之變化。複數之曲線推進通過時，推進力傳達材之壓縮量漸次變化，如圖 A.3 所示，以管 A 之例，自出發井推進壓出先直行為直線區間，進入第 1 曲線，續直行，次為第 2 曲線，再次為直線區間等持續施加壓縮，最後抵達到達井。推進傳達材之壓縮變化應依應力狀態之變化進行安全驗算。

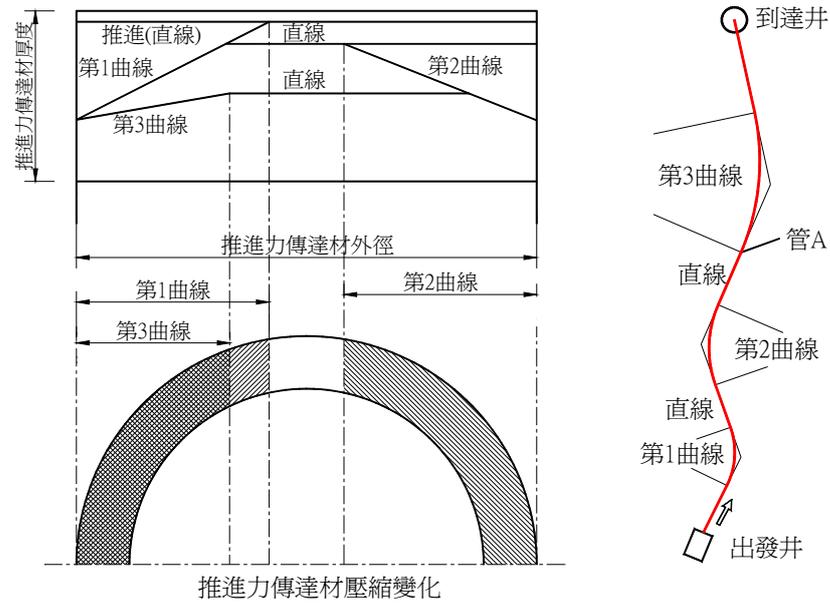


圖 A.3 複數曲線之推進力傳達材之壓縮變形例

A.6 推進力傳達材之配置及厚度

推進力傳達材之配置，有①360°（全圓環片）、②上下 90°及③厚度變化貼覆等方法。這些係依現場之各種條件有所分別。纖維粒板以①為主，發泡聚苯乙烯等用在曲線推進以②或③為主使用。

曲線推進時，依推進力傳達材之配置及厚度造成不同的應力分布，如圖 A.4 所示。此例，所表示為單曲線時之應力分布形狀。推進力傳達材之壓縮應力值超過推進管材之容許應力值時，貼覆面積要增大，或者厚度要調整而需要使應力分散，抑制壓縮應力值的上昇。

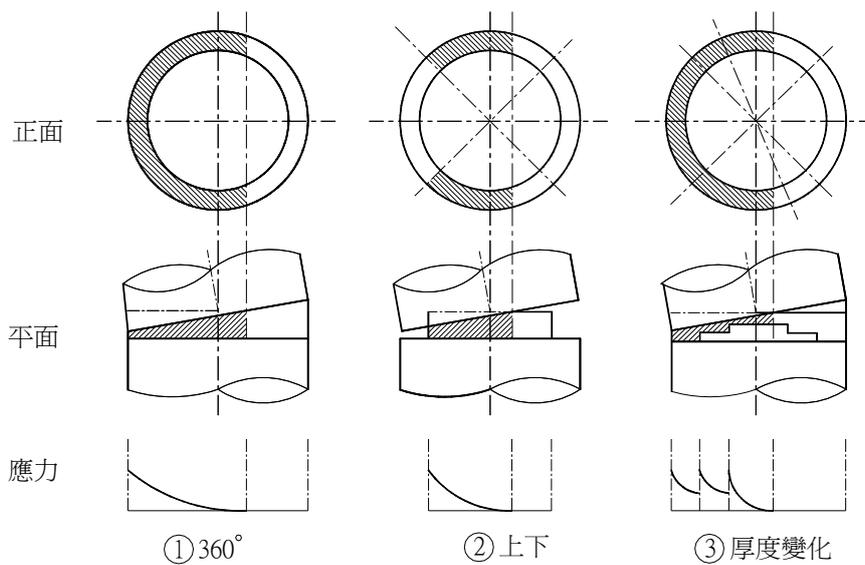


圖 A.4 推進力傳達材形狀應力分布例

A.7 推進力傳達材之壓縮應力值計算順序

推進力傳達材之壓縮變形量，依推進力、推進力傳達材之材質、配置及厚度差異，按以下順序計算應力值。惟即使最大應力值在容許應力值以下，接頭部位開口長也必須在容許值之內。計算過程如下：

- (a) 推進管接頭部位之推進力傳達材予以細分割，如圖 A.5 所示，依各分割截面之應變導出該截面的應力值，再乘以該截面之面積為各截面推進力。將各截面承受之推進力全部加總即視為推進力(計算承受推進力總和之推進力求其應變)。此時之最大應力值應小於推進管容許抗壓強度值。
- (b) 接頭部位開口，推進力傳達材徐徐壓縮。
- (c) 依分割部位截面之壓縮量求算壓縮應變，再依推進力傳達材之特性曲線，求出各截面之應力值。
- (d) 各截面積之應力值與分割部分之面積相乘，求得各截面積之受力。
- (e) 各截面推進力之總和，當作推進管作用之推進力。
- (f) 由推進力傳達材之壓縮量變化求出推進管之推進力為必要推進力。
- (g) 在必要之推進力下驗算最大強度值應小於推進管之容許抗壓強度值。

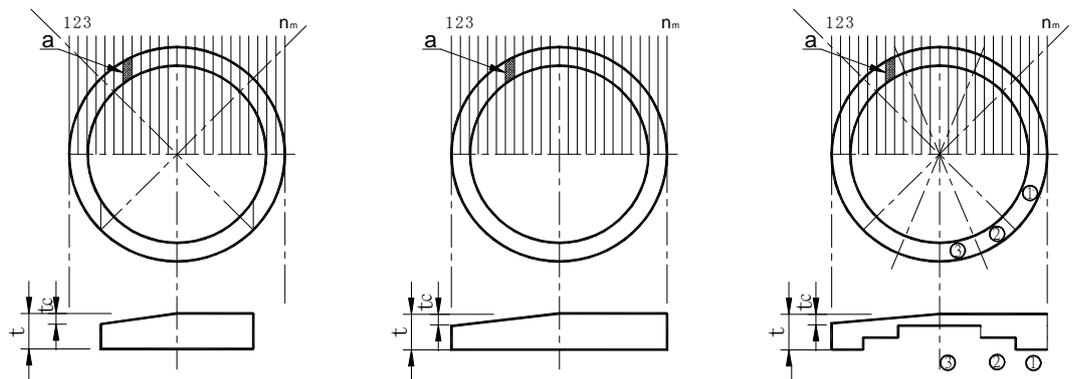


圖 A.5 推進力傳達材之應力計算切割

A.8 推進力傳達材之壓縮應力值計算方法

以下為推進力傳達材之壓縮應力值之計算方法。

- (a) 如圖 A.6 所示，依下式算出推進管接頭部位之折角。

$$\alpha = 2\sin^{-1} \left[\frac{l/2}{R-D_o/2} \right] \times \frac{180}{\pi}$$

式中， α ：推進管接頭部位折角(°)

l ：推進管管長(m)

R ：曲線半徑(m)

D_o ：推進管管外徑(m)

π ：圓週率(3.14159)

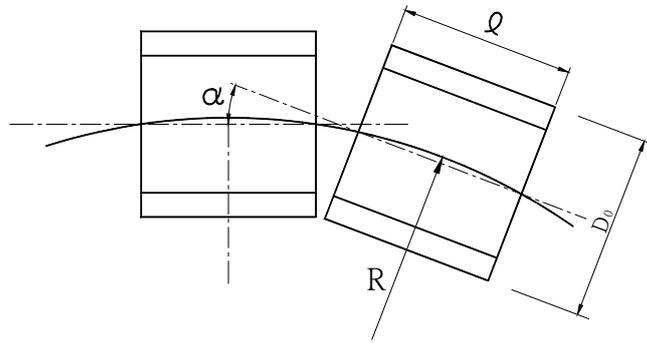


圖 A.6 接頭部位折角

(b) 分割截面之壓縮量及壓縮率依下式算出之。

$$e_n = \frac{t_n}{T}$$

式中， e_n ：n 編號截面之壓縮率

t_n ：n 編號截面之壓縮量 (mm)

$t_n = \text{最大壓縮量} - x \cdot \tan \alpha$ (x ：參照圖 A.8)

T ：推進力傳達材原厚度 (mm)

(c) 由推進力傳達材之壓縮特性曲線 (如圖 A.7 所示)，依各截面之壓縮率 e_n ，求得各個之應力值。

σ_1 ：截面 1 之壓縮應力值

σ_2 ：截面 2 之壓縮應力值

σ_n ：截面 n 之壓縮應力值

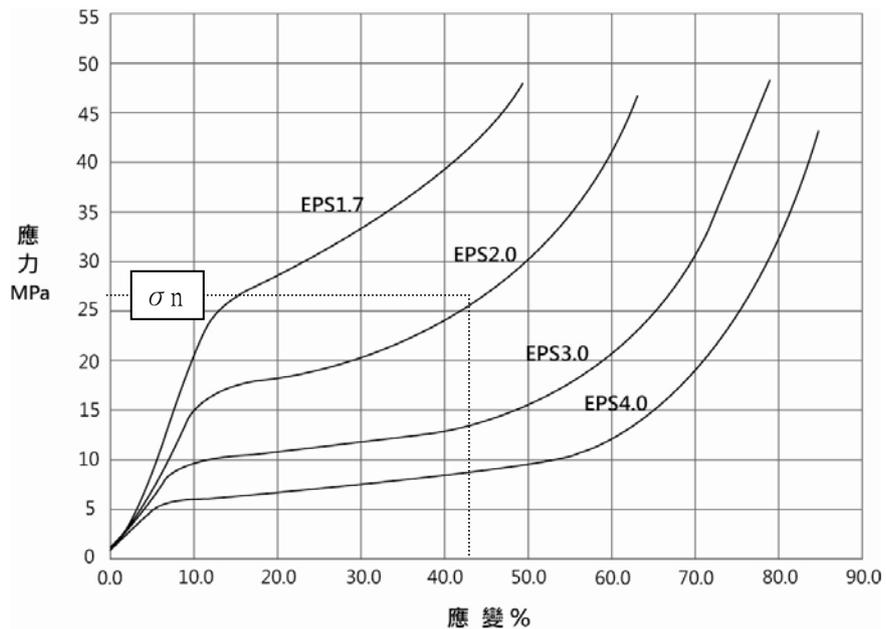


圖 A.7 推進力傳達材之壓縮特性曲線

(d) 施加推進管之推進力的算出檢證。

$$F_1 = a_1 \times \sigma_1$$

$$F_2 = a_2 \times \sigma_2$$

·

·

$$F_n = a_n \times \sigma_n$$

$$F = \sum F_n = F_1 + F_2 + F_3 + \dots + F_n \dots$$

$$= F_{BC}$$

式中，F：施加推進管之推進力

F_n ：各截面施加之推進力

a_n ：各截面之面積

σ_n ：在於各截面之壓縮應力值

F_{BC} ：檢算位置之管作用推進力

$F = F_{BC}$ 時，在曲線開始 BC 點，由推進力施與推進力傳達材與推進管的受力相等，此時，推進力傳達材所發生之最大壓縮應力值（ σ_{max} ），視為推進管之鋼筋混凝土發生之最大壓縮應力值，如圖 A.8 所示。

推進力傳達材所發生之最大壓縮應力值與推進管之鋼筋混凝土容許抗壓強度值之安全性應予以確認，如下式所示。

$$\sigma_{max} \leq \sigma_{ca}$$

式中， σ_{max} ：n 分割全截面壓縮應力值之最大值（ N/mm^2 ）

σ_{ca} ：鋼筋混凝土之容許壓縮應力值（ N/mm^2 ）

另外，複數之曲線通過後，推進力傳達材有些部位為被壓縮狀態，形成傳達推進力之面積變小，亦即，此部位之壓縮應力值變大。壓縮應力值過大時，要選用管長較短之推進管，因其折角較小，或者，將推進力傳達材厚度增大，增加推進力之傳達面積，壓縮應力值即趨小。

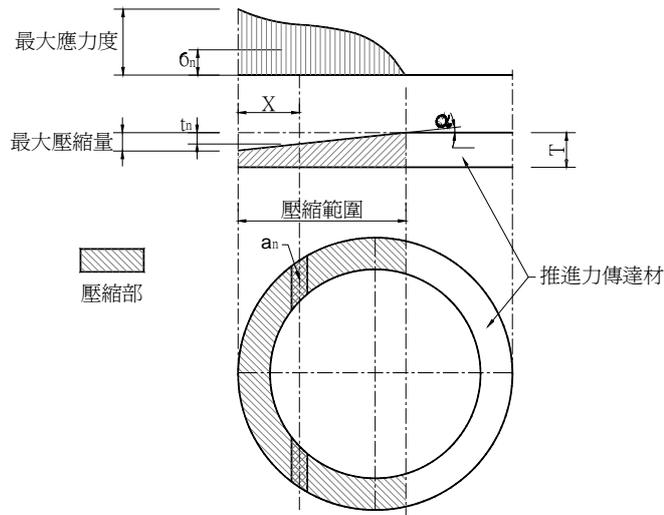


圖 A.8 推進力傳達材之應力值