

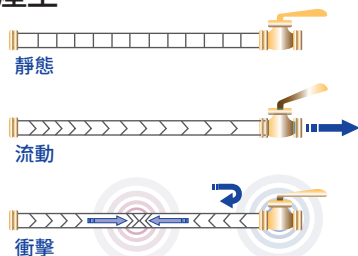
預防衝擊的原理

NSV 水錘消除器的技術資訊

1. 簡介

水錘是指在不可壓縮流體流動的配管系統中，流體的流動發生突然變化時，產生強大力量並且隨之產生脈衝噪音和振動的現象。發生水錘時，強度極高的推動波會沿著配管系統持續來回移動，直到能量因流體和管道材料的黏度而完全消失。配管系統中的閥快速關閉導致流體的速度突然改變時，就會產生推動波。電動、氣動、彈簧式等自動閥的使用日益增多，而手動閥則更傾向於採用一鍵式操作的閥，這表示快速開啟/關閉閥的情況也愈來愈多，因此水錘愈來愈頻繁，衝擊也愈來愈大。

2. 水錘的產生



[圖 1] 水錘的產生

如 [圖 1] 所示，流體流動的配管末端的閥迅速關閉時，就會產生推動波，推動波會朝向與流體流動方向相反的方向傳播。流體為水時，此推動波的傳播速度為 1200~1500m/s。



[圖 2] 衝擊波示意圖

[圖 2] 顯示推動波的運動與管道狀態的變化之間的關係。如圖所示，在推動波傳播的週期內，管道橫切面經歷「擴張→恢復→收縮→恢復」的狀態變化。管道內表面此時會承受強大力量，產生如同用鐵鎚敲打管道般的衝擊噪音和振動，可能造成閥、配件等零件以及甚至管道本身的損壞，連接處也可能鬆動而發生洩漏。

3. 衝擊的強度

推動波僅在閥快速開啟或關閉時產生，快速開啟/關閉速度 $\leq (2L/a)$ 秒。開啟或關閉閥的速度夠長時，例如 $\geq (2L/a)$ 秒，就不會產生推動度。這種現象稱為湧動。發生水錘時推動波的最大壓力採用 Joukowsky 公式計算，如下所示。

$$Pr = \rho a v (\rho a) = \rho a v / 98000 \text{ (kgf/cm}^2\text{)}$$

其中：

Pr: 壓力上升

ρ : 流體密度(kg/m³)

a : 推動波的傳播速度

(m/s: 對於水為 1200~1500)

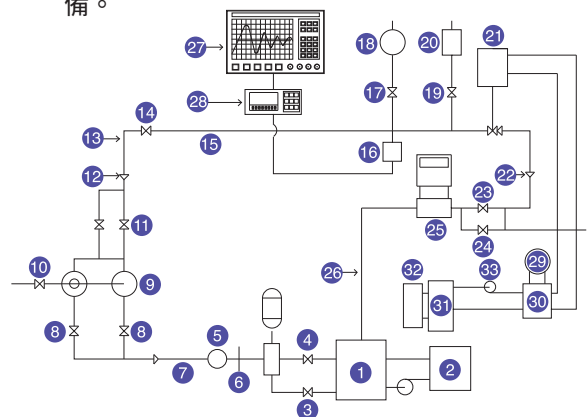
4. 推動波的影響

- ▶ 管道破裂
- ▶ 連接處洩漏
- ▶ 連接處洩漏
- ▶ 管道的振動和噪音
- ▶ 閥損壞
- ▶ 止回閥損壞
- ▶ 流量計損壞
- ▶ 壓力控制器與壓力計損壞
- ▶ 記錄儀損壞
- ▶ 管道吊架和支撐鬆動
- ▶ 水箱和熱水器損壞
- ▶ 其他設施與裝置損壞

5. 水錘消除器

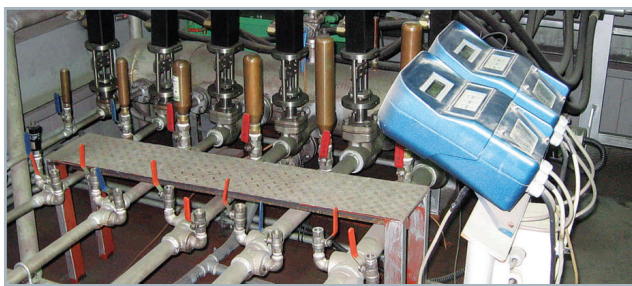
[圖 3] 顯示 KS B 2375 (韓國標準) 中提出的衝擊吸收能力測試設備範例。

[圖 4] 顯示該公司對於衝擊吸收能力測試所採用的測試設備。



[圖 3] KS B 2375 (韓國標準) 中提出的衝擊吸收能力測試設備

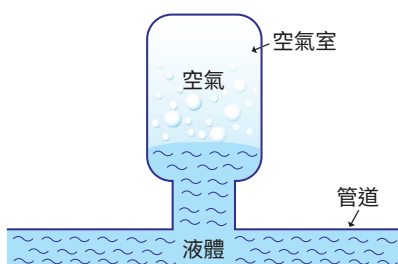
數量	裝置	數量	裝置	數量	裝置
1	水箱	12	回彎管 (250A)	23	計量彎頭 (50A)
2	加熱器	13	閥	24	計量彎頭 (15A)
3	閘閥 (50A)	14	閘閥 (50A)	25	流量計
4	閘閥 (40A)	15	鋼管	26	鋼管
5	離心泵	16	壓力轉換器	27	示波器
6	T 代表回水， 彎頭	17	球閥	28	數位壓力記錄儀
7	鋼管	18	壓力計	29	加壓泵
8	閘閥 (50A)	19	球閥	30	水壓電磁閥
9	氣壓型水箱 (113.5L)	20	測試用吸收器	31	儲油罐
10	球閥 (15A)	21	水壓閥 (50A)	32	油冷卻器
11	閘閥 (80A)	22	回彎管 (250A)	33	計數器



[圖 4] 衝擊吸收能力測試設備

6. 水錘消除器

防止水錘的方法是在配管系統中插入充滿氣體（主要是空氣）的空間，並在其中安裝可快速開啟/關閉的閥。



[圖 5] 水錘消除器的空氣室

[圖 5] 顯示空氣室的早期型制。在這種情況下，空氣室中的空氣直接與液體接觸，並且可能溶解到液體中或變成氣泡，在這種情況下空氣室會失去原有的功能。

近來使用的水錘消除器在空氣室內裝有氣囊、活塞等，藉以防止空氣流失。

7. 水錘消除器的原理及特點

液體的壓縮率較低，而氣體的壓縮率較高。水錘消除器利用氣體的壓縮特性。將空氣、氮氣等穩定性較高的氣體放入流體中，流體壓力突然升高時，這些氣體會受到隔離並收縮，藉此吸收因閥突然開啟/關閉等干擾而產生的衝擊。水錘消除器將這種原理應用於產品。這透過吸收水錘的衝擊能量維持液體的穩定流動。水錘消除器的特點如下。

- ▶ 保持泵運轉時的脈動。
- ▶ 吸收水錘所引起的噪音振動。
- ▶ 防止消防設施配管系統的脈衝壓力。
- ▶ 用於確保人類周圍環境的平靜。
- ▶ 自動控制循環泵啟動/停止時，由於止回閥的開閉動作，可能會引起能量的脈衝變化，因而產生噪音振動。水錘消除器可以吸收和減少這種噪音振動。

項目	內建橡膠膜型	內建波紋管型	內建活塞型
類型			
使用	- 用於防止配管系統中的水錘和波動 - 用於保護衛生設施中的沖洗閥	- 用於防止輸油管發生衝擊	- 用於液壓設備的壓力控制 - 用於衛生配管

結構如上表所示的產品根據波以耳定律吸收脈衝壓力 [$P_1 V_1 = P_2 V_2 = \text{常數}$]，其中

- P_1 、 P_2 ：討論水錘現象時水錘消除器開始和結束時的壓力
- V_1 、 V_2 ：充滿空氣或氮氣的房間容積 (m^3)

8. 水錘消除器容量計算

水錘消除器的容量可以用其內部容積表示。所需容量可以使用如下所示的 Greer Mercers 實驗公式進行計算。

$$V = \frac{4.0 \times 10^{-3} \times Q P_1 (0.016L - tc)}{P_1 - P_2} \quad [\text{Liter}]$$

其中 Q：閥關閉前的流量

P_1 ：允許的脈衝壓力 (kg/cm^2)，

大多數情況下為 P_2 的

1.5 倍， $\geq 250\text{A}$ 時為 P_2 的 2 倍

P_2 ：關閉閥前的壓力 (kg/cm^2)

tc：閥關閉後推動波的往返時間

(0.3~0.5 秒) = $2L/C$

L：管道總長度 (公尺)

預防衝擊的原理

選擇水錘消除器的資訊

1. 主要設施的固定裝置單位

設施	控制方法	常見用途			個人使用		
		全部	供水	熱水供應	全部	供水	熱水供應
馬桶踏凳	沖洗閥	10	10		6		
	沖洗水箱	5	5		3		
小便斗	大型池	10	10				
	中型池，壁掛式	5	5				
	小型池，壁掛式	3	3				
洗手盆	水龍頭	2	1 1/2 (2)	1 1/2	1	1	1
淋浴噴頭	複合水龍頭	4	2(4)	3	2	1	2
浴室	沖洗閥				8	8	3
	沖洗水箱				6	6	3
淋浴間	水龍頭				2	1	2
供水槽	水龍頭	3	3				
洗衣槽	水龍頭				3	3	3
混合家具	水龍頭				3	3	3

※ 何謂固定裝置單位 (FU) ?

固定裝置單位 (FU) 是表示衛生配管中對固定裝置施加的水流負荷所用的單位，這是 PDI 進行許多研究和實驗的成果。這是將所用的排水器具本身的水流負荷除以洗手盆的參考水流負荷所得的數值。這用於確定衛生配管系統中供水管的直徑。

2. 根據配管系統壓力選擇水錘消除器

連接到排水器具的衛生配管適用的理想壓力值是 $\leq 4.0\text{kgf/cm}^2$ 。壓力過高時，應安裝減壓閥，藉以保護排水器具。根據配管系統壓力選擇水錘消除器的標準如下表所示。

水壓 $\leq 4.5\text{kgf/cm}^2$ 時	水壓 $> 4.5\text{kgf/cm}^2$ 時
根據 FU 標準選擇	選擇比根據 FU 標準選擇的消除器高一級的消除器

3. 根據配管系統長度選擇水錘消除器

排水器具的安裝點距離配管系統較遠時，應根據壓力參考下表選擇將使用的水錘消除器

(A) 水壓 $\leq 4.5\text{kgf/cm}^2$ 時

配管長度	管道直徑 (B)					
	1/2"	3/4"	1"	1 1/4"	1 1/2"	2"
25ft (8m)	A	A	B	C	D	E
50 (15)	A	B	C	D	E	F
75 (20)	B	C	D	A, E	F	E, F
100 (30)	C	D	E	F	C, F	F, F
125 (40)	C	D	F	A, F	E, F	E, F, F
150 (50)	D	E	F	D, F	F, F	F, F, F

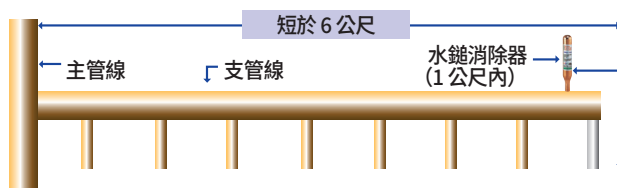
(B) 水壓 $> 4.5\text{kgf/cm}^2$ 且 $\leq 6.0\text{kgf/cm}^2$ 時

配管長度	管道直徑 (B)					
	1/2"	3/4"	1"	1 1/4"	1 1/2"	2"
25ft (8m)	B	B	C	C	E	F
50 (15)	B	C	D	E	F	C, F
75 (20)	C	D	E	F	C, F	F, F
100 (30)	D	E	F	C, F	F, F	E, F, F
125 (40)	D	E	C, F	D, F	F, F	B, F, F, F
150 (50)	E	F	C, F	F, F	D, F, F	F, F, F, F

請注意，在應用情況 (B) 的表格時，由於壓力較高，因此，相較於情況 (A)，對於相同的管道長度和直徑，應選擇高一級的消除器。

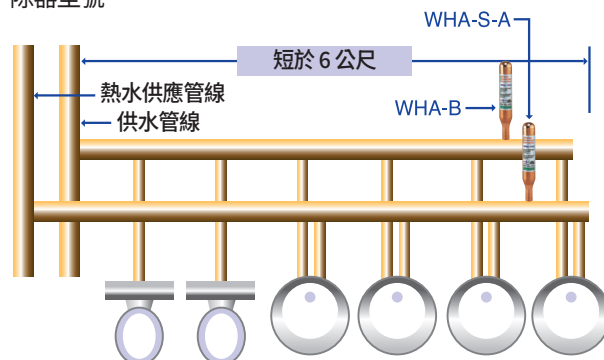
4. 安裝

▶ 原則 1. 支管線長度短於 6 公尺時，水錘消除器安裝在支管線上連接排水器具的最後兩點之間。參考 [圖 6]，根據原則 1 的安裝點。



[圖 6] 根據原則 1 的安裝點

[範例] 對於 [圖 6] 所示的供水、熱水供應配管系統選擇水錘消除器型號



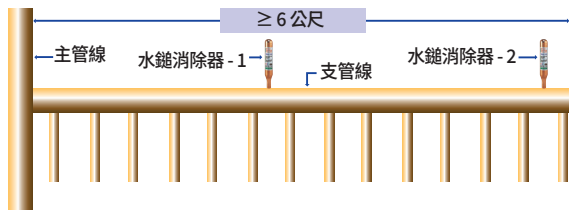
[圖 7] 根據原則 1 的安裝範例

排水器具	供水	熱水供應
馬桶踏凳 (F、V)	10×2=20	-
洗手盆	1.5×4=6	1.5×4=6
全部	26	6
選擇	WHA-B × 1EA (FU: 12~32)	WHA-S-A × 1EA (FU: 4~11)

(解決方案) FU 和型號選擇的結果

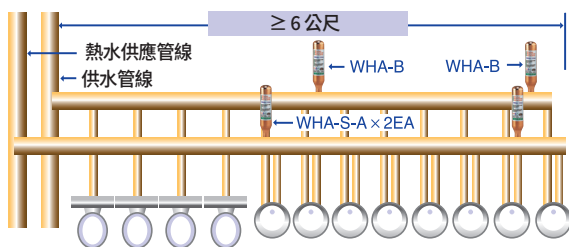
- ▶ 原則 2. 支管線長度 $\geq 6\text{m}$ 時，將所用的支管線分為兩部份，各部份分別按照與原則 1 的情況相同的方式安裝水錘消除器，因此最終將安裝兩組水錘消除器。參考 [圖 8] 根據原則 2 的安裝範例

將覆蓋整個橫切面的FU總數一分为二，安裝2組水錘消除器。



[圖 8] 根據原則 2 的安裝範例

[範例] 對於 [圖 8] 所示的供水、熱水供應配管系統選擇水錘消除器型號

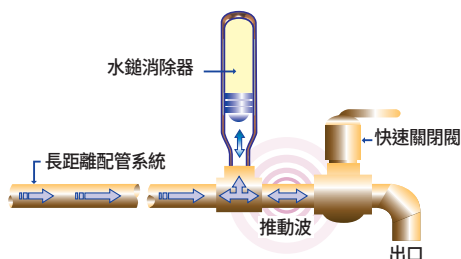


[圖 9] 根據原則 2 的安裝範例

排水器具	供水	熱水供應
馬桶踏凳 (F、V)	10×4=40	-
洗手盆	1.5×8=12	1.5×8=12
全部	52	12
選擇	WHA-B × 2EA (FU: 12~32)	WHA-S-A × 2EA (FU: 1~11)

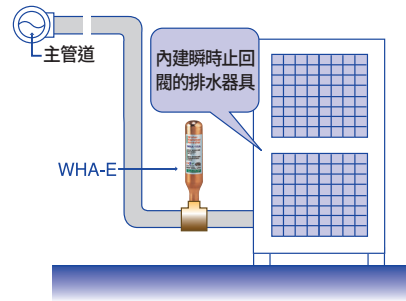
(解決方案) FU 和型號選擇的結果

- ▶ 原則 3. 配管系統中與排水器具相距的距離相當長時，水錘消除器應盡可能安裝在靠近快速開啟 / 關閉點的位置。



[圖 10] 根據原則 3 的安裝點

[範例] 對於 [圖 10] 所示的配管系統 (配管系統中安裝的控制閥、真空斷路器等裝置已省略) 選擇水錘消除器型號

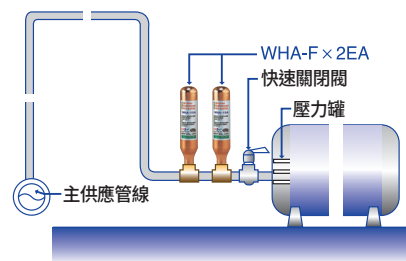


[圖 11] 配備內嵌式快速關閉閥的設備

項目	對於供水
情況	直徑 (B) 配管長度 (公尺) 水壓 (kgf/cm ²) 速度 (m/s)
選擇	WHA-E × 1EA (FU: 114~154)

(解決方案) FU 和型號選擇的結果

[範例] [圖 12] 顯示單一排水器具或壓力罐連接到配管系統 (有快速關閉裝置) 時選擇的水錘消除器型號



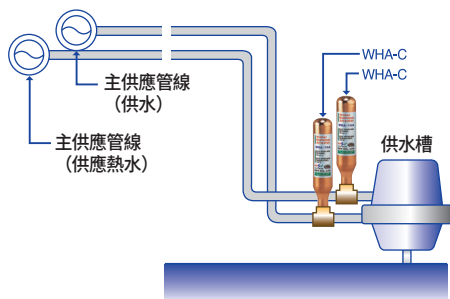
[圖 12] 配備快速關閉閥的壓力罐

項目	對於供水
情況	直徑 (B) 配管長度 (公尺) 水壓 (kgf/cm ²) 速度 (m/s)
選擇	WHA-E × 2EA (FU: 155~330)

(解決方案) FU 和型號選擇的結果

預防衝擊的原理

[範例] 對於 [圖 13] 所示的供水、熱水供應系統中安裝的單一排水器具（供水槽）選擇水銼消除器型號

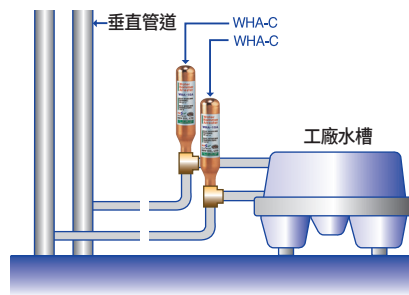


[圖 13] 單一排水器具（供水槽）

項目		對於供水
情況	直徑 (B)	3/4"
	配管長度 (公尺)	20
	水壓 (kgf/cm ²)	3.4
	速度 (m/s)	1.8
選擇	參考 <水銼消除器型號選擇標準 (A)>	WHA-C × 1EA (FU : 33~60)

(解決方案) 根據管道長度選擇型號的結果

[範例] 對於 [圖 15] 所示的供水、熱水供應系統中安裝的單一排水器具或裝置選擇水銼消除器型號

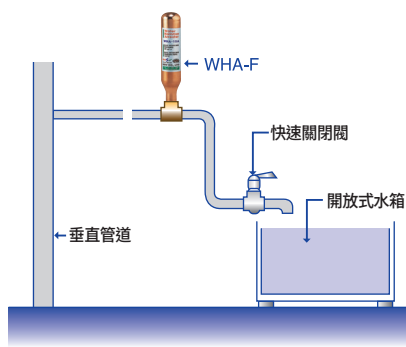


[圖 15] 工廠水槽透過快速關閉閥連接到配管系統

項目		對於供水
情況	直徑 (B)	1"
	配管長度 (公尺)	15
	水壓 (kgf/cm ²)	3.1
	速度 (m/s)	2.44
選擇	參考 <水銼消除器型號選擇標準 (A)>	WHA-C × 1EA (FU : 33~60)

(解決方案) FU 和型號選擇的結果

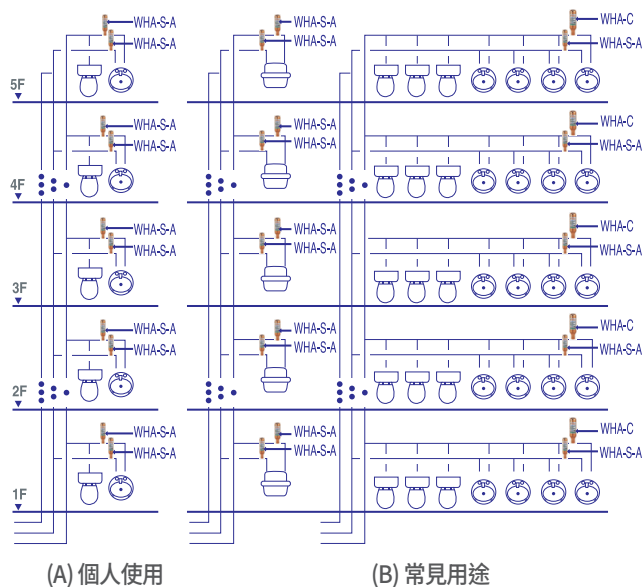
[範例] [圖 14] 顯示單一排水器具或開放式水箱連接到配管系統（有快速關閉裝置）時選擇的水銼消除器型號



[圖 14] 單一排水器具（開放式水箱）

項目		對於供水
情況	直徑 (B)	1 1/4"
	配管長度 (公尺)	30
	水壓 (kgf/cm ²)	3.6
	速度 (m/s)	2.44
選擇	參考 <水銼消除器型號選擇標準 (A)>	WHA-F × 1EA (FU : 155~330)

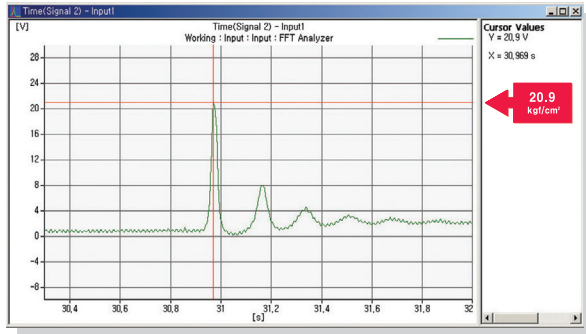
(解決方案) 根據管道長度選擇型號的結果



[圖 16] 已選擇水銼消除器的衛生配管系統示意圖

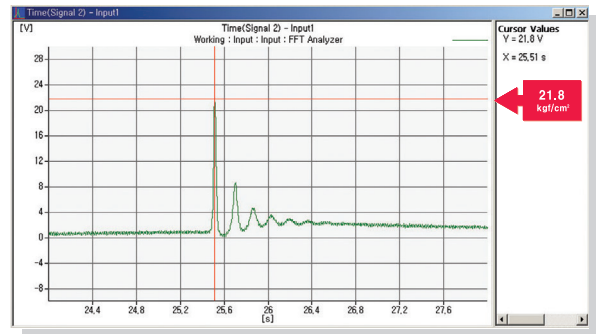
5. 最大衝擊壓力的測量資料

▶ 銅製衛生配管系統中使用的 WHA-S-AA 水錘消除器所呈現的測試結果 (運作壓力：4.0kgf/cm²)

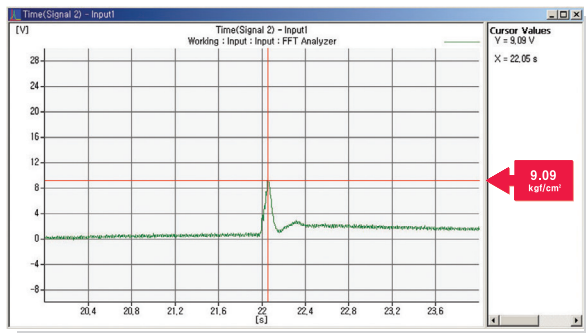


安裝水錘消除器前 [20.9 kgf/cm²]

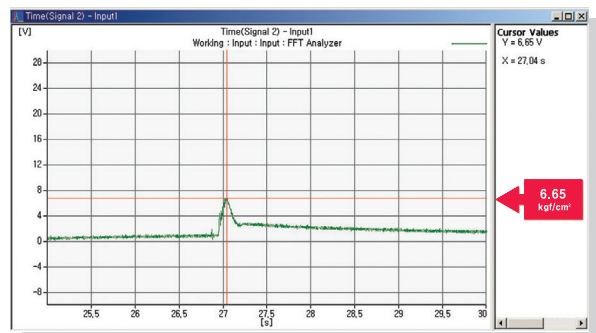
▶ 銅製衛生配管系統中使用的 WHA-S-A 水錘消除器所呈現的測試結果



安裝水錘消除器前 [21.8 kgf/cm²]



安裝水錘消除器後 [9.9 kgf/cm²]
重複 10 萬次時



安裝水錘消除器後 [6.65 kgf/cm²]
重複 10 萬次時

6. 水錘消除器安裝示意圖

