

# ため池取水施設の改修事例 (サイフォン)

## 取水施設の改修事例

ため池の取水施設は「底樋」とこれに接合する「豎樋」または「斜樋」の組み合わせであり、木製である場合は耐久性に問題があり、築造年が古いため池では老朽化が問題となっている。

改修する場合は鉄筋コンクリート斜樋およびヒューム管を用いた底樋が多く採用されている。しかし、堤体の開削が伴い、工事費用も高くなっていく。

このため、本編では、堤体の開削を伴わない、サイフォンによる取水施設の改修を紹介する。

なお、旧底樋が漏水の原因になりやすいことから、閉塞等の対策を必要に応じて検討する。

### 老朽化した取水施設

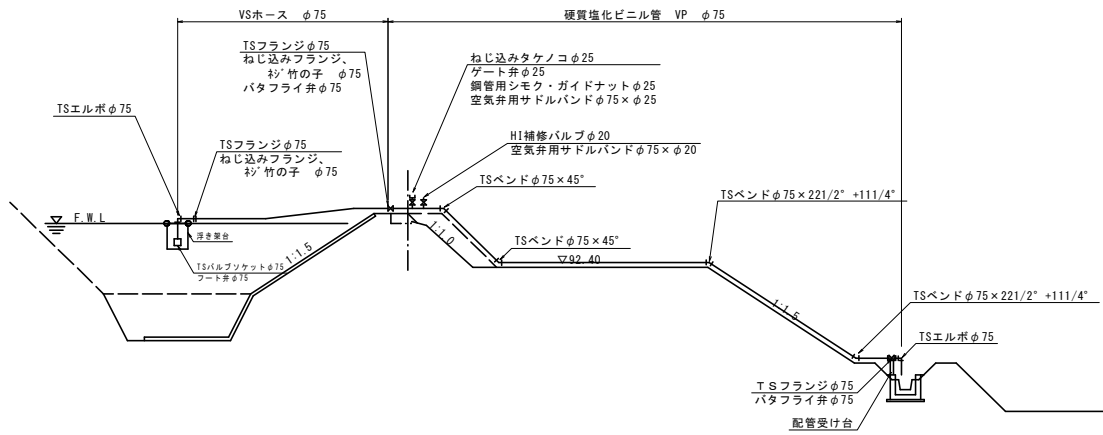
豎樋構造



斜樋管構造



## サイフォンによる取水施設



サイフォン工 横断面図

## サイフォンによる取水施設 (事例.1)

フロート部



配管 (フロート部～堤頂部)



配管 (堤頂部)



配管 (下流側法面部)



サイフォンによる取水施設（事例.2）

サイフォン全景



サイフォン全景（フロート、栈橋）



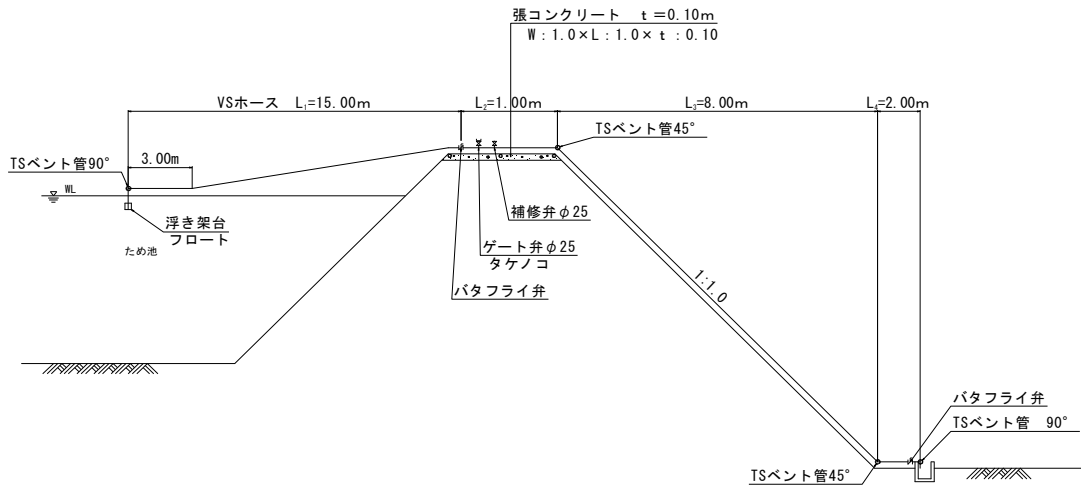
サイフォン配管（バタフライ弁、注入口）



## サイフォン管概算工事費（参考）

（条件）

池側	フロート～バタフライ弁	15 m
堤頂幅	バタフライ弁～TSベント管	1 m
堤体下流側	TSベント管～バタフライ弁	10 m



概算工事費用サイフォン管模式図

（単位：円）

サイフォン管口径	資材費	労務費	諸経費・消費税	工事費	摘要
φ75	536,642	203,000	558,518	1,298,160	
φ100	626,592	203,000	627,328	1,456,920	
φ125	849,151	236,400	820,649	1,906,200	
φ150	982,866	236,400	921,294	2,140,560	

サイフォン管概算工事費（参考）

H26.3 単価

サイフォン管 φ 75

単位：円

費目	工種	規格	数量	単位	単価	金額	摘要
直接工事費							
資材費	浮き架台	亜鉛メッキ	1	台	240,000	240,000	
	サクションホース	80A	15	m	6,620	99,300	
	ボールフットバルブ	φ75	1	個	54,500	54,500	PVC製
	塩ビ管	VPφ75	8	m	712	5,696	
	パタフライバルブ	φ75×7.5k	2	基	20,800	41,600	PVC製
	補修弁	φ25	2	個	3,060	6,120	
	その他資材		1	式	87,075	87,075	
	張コンクリート		0.1	m3	23,510	2,351	1.0*1.0*0.1
	計					536,642	
労務費	土木一般世話役		2	人	18,000	36,000	
	配管工		10	人	16,700	167,000	
	計					203,000	
直接工事費計						739,642	
共通仮設費			12.20%	%	739,642	90,236	
純工事費						829,878	
現場管理費			26.73%	%	829,878	221,826	
工事原価						1,051,704	
一般管理費			14.38%	%	1,051,704	150,296	
工事価格						1,202,000	
消費税相当額			8%	%	1,202,000	96,160	
合計						1,298,160	

サイフォン管概算工事費 (参考)

H26.3 単価

サイフォン管 φ 100

単位：円

費目	工種	規格	数量	単位	単価	金額	摘要
直接工事費							
資材費	浮き架台	亜鉛メッキ	1	台	240,000	240,000	
	サクシヨンホース	100A	15	m	10,080	151,200	
	ボールフットバルブ	φ100	1	個	64,600	64,600	PVC製
	塩ビ管	VPφ100	8	m	995	7,960	
	パタフライバルブ	φ100×7.5k	2	基	27,000	54,000	PVC製
	補修弁	φ25	2	個	3,060	6,120	
	その他資材		1	式	100,361	100,361	
	張コンクリート		0.1	m3	23,510	2,351	1.0*1.0*0.1
	計					626,592	
労務費	土木一般世話役		2	人	18,000	36,000	
	配管工		10	人	16,700	167,000	
	計					203,000	
直接工事費計						829,592	
共通仮設費			12.20%	%	829,592	101,210	
純工事費						930,802	
現場管理費			26.73%	%	930,802	248,803	
工事原価						1,179,605	
一般管理費			14.38%	%	1,179,605	169,395	
工事価格						1,349,000	
消費税相当額			8%	%	1,349,000	107,920	
合計						1,456,920	

サイフォン管概算工事費 (参考)

H26.3 単価

サイフォン管 φ 125

単位：円

費目	工種	規格	数量	単位	単価	金額	摘要
直接工事費							
資材費	浮き架台	亜鉛メッキ	1	台	300,000	300,000	
	サクシヨンホース	125A	15	m	13,800	207,000	
	ホールフートバルブ	φ125	1	個	104,600	104,600	PVC製
	塩ビ管	VPφ125	8	m	1,347	10,776	
	パタフライバルブ	φ125×7.5k	2	基	37,700	75,400	PVC製
	補修弁	φ25	2	個	3,060	6,120	
	その他資材		1	式	142,904	142,904	
	張コンクリート		0.1	m3	23,510	2,351	1.0*1.0*0.1
	計					849,151	
労務費	土木一般世話役		2	人	18,000	36,000	
	配管工		12	人	16,700	200,400	
	計					236,400	
直接工事費計						1,085,551	
共通仮設費			12.20%	%	1,085,551	132,437	
純工事費						1,217,988	
現場管理費			26.73%	%	1,217,988	325,568	
工事原価						1,543,556	
一般管理費			14.38%	%	1,543,556	221,444	
工事価格						1,765,000	
消費税相当額			8%	%	1,765,000	141,200	
合計						1,906,200	



サイフォン管概算工事費 (参考)

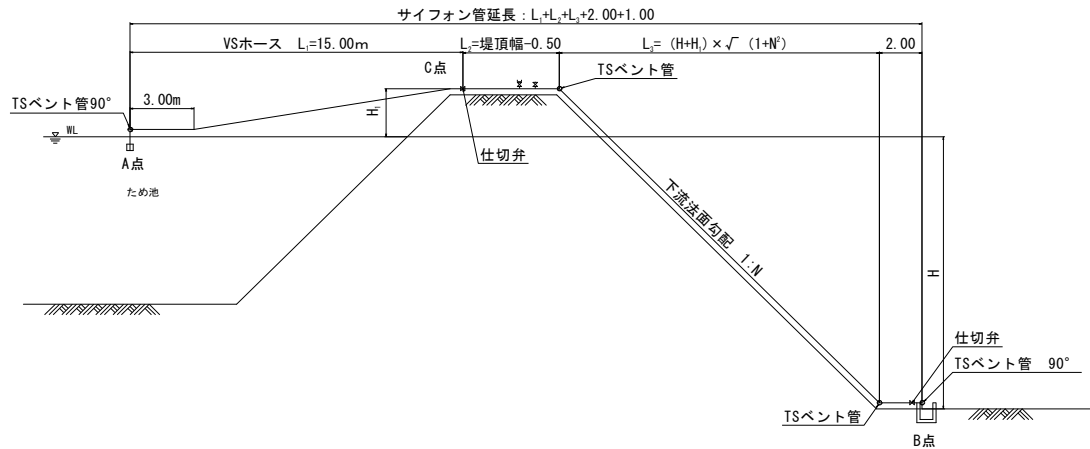
H26.3 単価

サイフォン管 φ 150

単位：円

費目	工種	規格	数量	単位	単価	金額	摘要
直接工事費							
資材費	浮き架台	亜鉛メッキ	1	台	300,000	300,000	
	サクシヨンホース	150A	15	m	18,040	270,600	
	ホールフートバルブ	φ150	1	個	120,000	120,000	PVC製
	塩ビ管	VPφ150	8	m	2,022	16,176	
	パタフライバルブ	φ150×7.5k	2	基	46,400	92,800	PVC製
	補修弁	φ25	2	個	3,060	6,120	
	その他資材		1	式	174,819	174,819	
	張コンクリート		0.1	m3	23,510	2,351	1.0*1.0*0.1
	計					982,866	
労務費	土木一般世話役		2	人	18,000	36,000	
	配管工		12	人	16,700	200,400	
	計					236,400	
直接工事費計						1,219,266	
共通仮設費			12.20%	%	1,219,266	148,750	
純工事費						1,368,016	
現場管理費			26.73%	%	1,368,016	365,670	
工事原価						1,733,686	
一般管理費			14.38%	%	1,733,686	248,314	
工事価格						1,982,000	
消費税相当額			8%	%	1,982,000	158,560	
合計						2,140,560	

○逆サイフォン流量計算書（管）



サイフォン管模式図

1. 逆サイフォン流量計算

標準水理学P114より

ベルヌイの定理より

$$P_A/\omega + H + V_1^2/2g = P_B/\omega + 0 + V_2^2/2g$$

ここで、 $P_A=0$ 、 $V_1=0$ であるから

$$H = P_B/\omega + V_2^2/2g$$

$$\text{従って、} H = (f_o + f_e + f_b + f_v + f(L/D)) \times V_2^2/2g$$

※ 逆サイフォン（管）の流速

$$v = \sqrt{\frac{2gH}{f_o + f_b + f_e + f_v + f \times L/D}}$$

※ 逆サイフォン（管）の流量

$$Q = \frac{\pi D^2}{4} \sqrt{\frac{2gH}{f_o + f_b + f_e + f_v + f \times L/D}}$$

※逆サイフォンに関する流量計算条件

上流，下流水位差 H	:	(m)
管直径 D	:	(m)
流入による損失 $f_e$	:	0.500 損失説明参照
曲がりによる損失 $f_b$	:	損失説明参照
流出による損失 $f_o$	:	1.000 損失説明参照
摩擦による損失 f	:	$124.5 n^2 / D^{1/3}$
各種弁の損失 $f_v$	:	損失説明参照
管の長さ $L_1$	:	(m)
管の粗度係数 n	:	0.012

## 2. 逆サイフォン流量計算（試算）

以下にφ75～φ150の流量計算を示す。

### 2-1 逆サイフォン管試算（管径φ75、落差4.0～8.0m）

管径：φ	75	下流法勾配	1:1.0	堤頂幅	3.00	H <sub>1</sub>	1.00		
項目	規格	数量	落差：H (m)					摘要	
			4	5	6	7	8		
管路長	L		27.6	29	30.4	31.8	33.2		
損失水頭：f									
摩擦損失	0.043	L/D	15.824	16.627	17.429	18.232	19.035	f・L/D	
流入	0.5	1	0.500	0.500	0.500	0.500	0.500	f <sub>e</sub>	
90°	0.986	2	1.972	1.972	1.972	1.972	1.972	f <sub>b</sub>	
45°	0.183	2	0.366	0.366	0.366	0.366	0.366	f <sub>b</sub>	
5°5/8	0.002	2	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	f <sub>b</sub>	
流出	1.000	1	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	f <sub>o</sub>	
仕切弁	0.170	2	0.340	0.340	0.340	0.340	0.340	f <sub>v</sub>	
損失水頭計			20.006	20.809	21.611	22.414	23.217		
管内流速	(m/s)		1.980	2.170	2.333	2.474	2.599		
流量	(m <sup>3</sup> /s)		0.009	0.010	0.010	0.011	0.011		

管径：φ	75	下流法勾配	1:1.5	堤頂幅	3.00	H <sub>1</sub>	1.00		
項目	規格	数量	落差：H (m)					摘要	
			4	5	6	7	8		
管路長	L		29.5	31.3	33.1	34.9	36.7		
損失水頭：f									
摩擦損失	0.043	L/D	16.913	17.945	18.977	20.009	21.041	f・L/D	
流入	0.5	1	0.500	0.500	0.500	0.500	0.500	f <sub>e</sub>	
90°	0.986	2	1.972	1.972	1.972	1.972	1.972	f <sub>b</sub>	
45°	0.183	2	0.366	0.366	0.366	0.366	0.366	f <sub>b</sub>	
5°5/8	0.002	2	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	f <sub>b</sub>	
流出	1.000	1	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	f <sub>o</sub>	
仕切弁	0.170	2	0.340	0.340	0.340	0.340	0.340	f <sub>v</sub>	
損失水頭計			21.095	22.127	23.159	24.191	25.223		
管内流速	(m/s)		1.928	2.105	2.253	2.381	2.493		
流量	(m <sup>3</sup> /s)		0.009	0.009	0.010	0.011	0.011		

2-2 逆サイフォン管試算 (管径φ100、落差4.0~8.0m)

管径 : φ	100	下流法勾配	1:1.0	堤頂幅	3.00	H <sub>1</sub>	1.00	
項目	規格	数量	落差 : H (m)					摘要
			4	5	6	7	8	
管路長	L		27.6	29	30.4	31.8	33.2	
損失水頭 : f								
摩擦損失	0.039	L/D	10.764	11.31	11.856	12.402	12.948	f · L/D
流入	0.5	1	0.500	0.500	0.500	0.500	0.500	f <sub>e</sub>
90°	0.986	2	1.972	1.972	1.972	1.972	1.972	f <sub>b</sub>
45°	0.183	2	0.366	0.366	0.366	0.366	0.366	f <sub>b</sub>
5°5/8	0.002	2	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	f <sub>b</sub>
流出	1.000	1	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	f <sub>o</sub>
仕切弁	0.164	2	0.328	0.328	0.328	0.328	0.328	f <sub>v</sub>
損失水頭計			14.934	15.480	16.026	16.572	17.118	
管内流速	(m/s)		2.291	2.516	2.709	2.877	3.027	
流量	(m <sup>3</sup> /s)		0.018	0.020	0.021	0.023	0.024	

管径 : φ	100	下流法勾配	1:1.5	堤頂幅	3.00	H <sub>1</sub>	1.00	
項目	規格	数量	落差 : H (m)					摘要
			4	5	6	7	8	
管路長	L		29.5	31.3	33.1	34.9	36.7	
損失水頭 : f								
摩擦損失	0.039	L/D	11.505	12.207	12.909	13.611	14.313	f · L/D
流入	0.5	1	0.500	0.500	0.500	0.500	0.500	f <sub>e</sub>
90°	0.986	2	1.972	1.972	1.972	1.972	1.972	f <sub>b</sub>
45°	0.183	2	0.366	0.366	0.366	0.366	0.366	f <sub>b</sub>
5°5/8	0.002	2	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	f <sub>b</sub>
流出	1.000	1	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	f <sub>o</sub>
仕切弁	0.164	2	0.328	0.328	0.328	0.328	0.328	f <sub>v</sub>
損失水頭計			15.675	16.377	17.079	17.781	18.483	
管内流速	(m/s)		2.236	2.446	2.624	2.778	2.913	
流量	(m <sup>3</sup> /s)		0.018	0.019	0.021	0.022	0.023	

2-3 逆サイフォン管試算 (管径φ125、落差4.0~8.0m)

管径 : φ	125	下流法勾配	1:1.0	堤頂幅	3.00	H <sub>1</sub>	1.00	
項目	規格	数量	落差 : H (m)					摘要
			4	5	6	7	8	
管路長	L		27.6	29	30.4	31.8	33.2	
損失水頭 : f								
摩擦損失	0.036	L/D	7.949	8.352	8.755	9.158	9.562	f · L/D
流入	0.5	1	0.500	0.500	0.500	0.500	0.500	f <sub>e</sub>
90°	0.986	2	1.972	1.972	1.972	1.972	1.972	f <sub>b</sub>
45°	0.183	2	0.366	0.366	0.366	0.366	0.366	f <sub>b</sub>
5°5/8	0.002	2	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	f <sub>b</sub>
流出	1.000	1	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	f <sub>o</sub>
仕切弁	0.155	2	0.310	0.310	0.310	0.310	0.310	f <sub>v</sub>
損失水頭計			12.101	12.504	12.907	13.310	13.714	
管内流速	(m/s)		2.545	2.800	3.018	3.211	3.381	
流量	(m <sup>3</sup> /s)		0.031	0.034	0.037	0.039	0.041	

管径 : φ	125	下流法勾配	1:1.5	堤頂幅	3.00	H <sub>1</sub>	1.00	
項目	規格	数量	落差 : H (m)					摘要
			4	5	6	7	8	
管路長	L		29.5	31.3	33.1	34.9	36.7	
損失水頭 : f								
摩擦損失	0.036	L/D	8.496	9.014	9.533	10.051	10.57	f · L/D
流入	0.5	1	0.500	0.500	0.500	0.500	0.500	f <sub>e</sub>
90°	0.986	2	1.972	1.972	1.972	1.972	1.972	f <sub>b</sub>
45°	0.183	2	0.366	0.366	0.366	0.366	0.366	f <sub>b</sub>
5°5/8	0.002	2	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	f <sub>b</sub>
流出	1.000	1	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	f <sub>o</sub>
仕切弁	0.155	2	0.310	0.310	0.310	0.310	0.310	f <sub>v</sub>
損失水頭計			12.648	13.166	13.685	14.203	14.722	
管内流速	(m/s)		2.490	2.728	2.931	3.108	3.264	
流量	(m <sup>3</sup> /s)		0.031	0.033	0.036	0.038	0.040	

2-4 逆サイフォン管試算（管径φ150、落差4.0~8.0m）

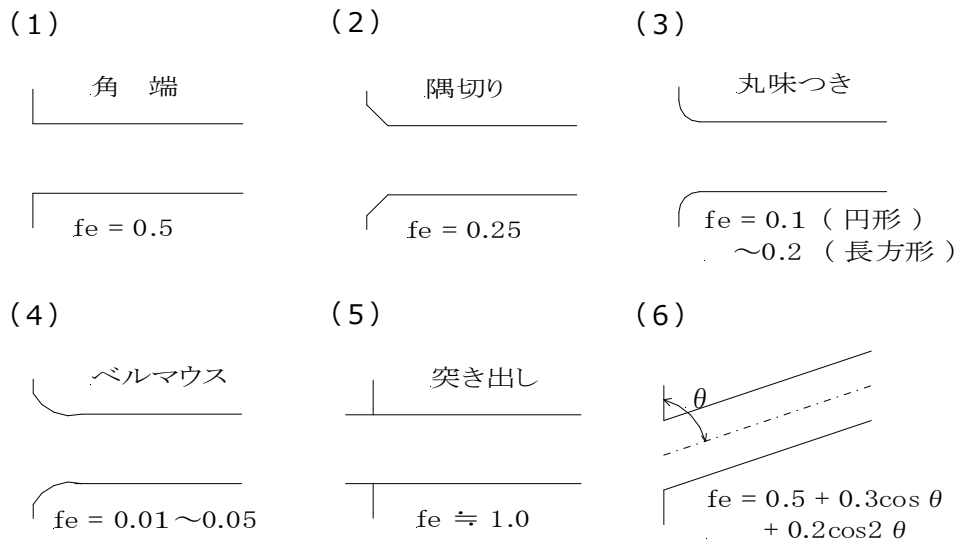
管径：φ	150	下流法勾配	1:1.0	堤頂幅	3.00	H <sub>1</sub>	1.00	
項目	規格	数量	落差：H (m)					摘要
			4	5	6	7	8	
管路長	L		27.6	29	30.4	31.8	33.2	
損失水頭：f								
摩擦損失	0.034	L/D	6.256	6.573	6.891	7.208	7.525	f・L/D
流入	0.5	1	0.500	0.500	0.500	0.500	0.500	f <sub>e</sub>
90°	0.986	2	1.972	1.972	1.972	1.972	1.972	f <sub>b</sub>
45°	0.183	2	0.366	0.366	0.366	0.366	0.366	f <sub>b</sub>
5°5/8	0.002	2	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	f <sub>b</sub>
流出	1.000	1	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	f <sub>o</sub>
仕切弁	0.145	2	0.290	0.290	0.290	0.290	0.290	f <sub>v</sub>
損失水頭計			10.388	10.705	11.023	11.340	11.657	
管内流速	(m/s)		2.747	3.026	3.266	3.478	3.668	
流量	(m <sup>3</sup> /s)		0.049	0.053	0.058	0.061	0.065	

管径：φ	150	下流法勾配	1:1.5	堤頂幅	3.00	H <sub>1</sub>	1.00	
項目	規格	数量	落差：H (m)					摘要
			4	5	6	7	8	
管路長	L		29.5	31.3	33.1	34.9	36.7	
損失水頭：f								
摩擦損失	0.034	L/D	6.687	7.095	7.503	7.911	8.319	f・L/D
流入	0.5	1	0.500	0.500	0.500	0.500	0.500	f <sub>e</sub>
90°	0.986	2	1.972	1.972	1.972	1.972	1.972	f <sub>b</sub>
45°	0.183	2	0.366	0.366	0.366	0.366	0.366	f <sub>b</sub>
5°5/8	0.002	2	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	f <sub>b</sub>
流出	1.000	1	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	f <sub>o</sub>
仕切弁	0.145	2	0.290	0.290	0.290	0.290	0.290	f <sub>v</sub>
損失水頭計			10.819	11.227	11.635	12.043	12.451	
管内流速	(m/s)		2.692	2.954	3.179	3.375	3.549	
流量	(m <sup>3</sup> /s)		0.048	0.052	0.056	0.060	0.063	

○各損失の説明と計算

1. 流入による損失  $f_e$

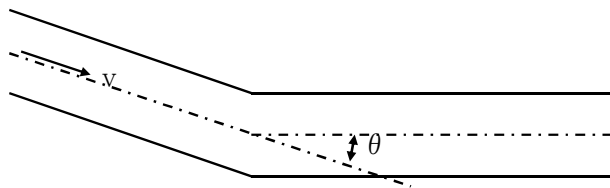
流入による損失  $f_e$  は流入口の形状により異なる。ワイズバッハによって与えられた値は値は下図のようになる。



(平成6年度版「水理公式集」より)

※(6)の場合の計算  $\theta = 90^\circ$   
 $f_e = 0.5 + 0.3\cos\theta + 0.2\cos^2\theta$   
 $= 0.500$

2. 曲がりによる損失  $f_b$



曲がり損失  $f_b$  は、ワイズバッハの実験式により、以下のようになる

$$f_b = 0.946\sin^2(\theta/2) + 2.05 \cdot \sin^4(\theta/2)$$

※  $f_b$  の計算  $\theta = 5^\circ$   
 $f_b = 0.946\sin^2(\theta/2) + 2.05 \cdot \sin^4(\theta/2)$   
 $= 0.002$

3. 流出による損失  $f_o$

流出損失係数  $f_o$  は約 1.0 である。

$$f_o = 1.000$$

4. 弁による損失  $f_v$

種類 口径：φ(mm)	逆止弁			フラップ弁	仕切弁	バタフライ弁
	スイング式	スイング式	リフト式			
	(自閉式)	(急閉式)	(スプリング式)			
50	1.39	1.37	8.12		0.175	
65	1.37	1.35	7.86		0.172	
80	1.35	1.33	7.65		0.170	
100	1.32	1.30	7.32		0.164	
125	1.29	1.28	6.98		0.155	
150	1.27	1.25	6.63		0.145	
200	1.21	1.20	5.95		0.103	
250	1.16	1.15	5.27		0.047	
300	1.11	1.10	4.58		0.000	1.00
350	1.05	1.05	3.90			0.75
400	1.00	1.00				0.60
450	0.99	0.95		1.05		0.54
500	0.98	0.90		1.02		0.50
600	0.96	0.80		0.99		0.44
700	0.94	0.70		0.96		0.39
800	0.92	0.60		0.92		0.36
900	0.90	0.50		0.89		0.33
1,000	0.88	0.40		0.85		0.30
1,100				0.78		0.26
1,200				0.73		0.24
1,350				0.68		0.22
1,500				0.62		0.20
1,650				0.57		0.20
1,800				0.50		0.20
2,000				0.50		
角形1800×2600以上						