

表 3.1(a) VTLCD 系統裝置於單自由度結構之設計參數 (質量比 $\alpha=0.01$)

質量比 α %	VTLCD 管徑 截面積比 λ	VTLCD 水平段管 徑 Dh(m)	VTLCD 垂直段 管徑 Dv(m)	水平段長 度比 β	水平段長 度 d(m)	VTLCD 靜 水位高度 hv (m)
1	1	0.0427	0.0427	0.45	0.77	0.47
1	1	0.0427	0.0427	0.5	0.86	0.43
1	1	0.0427	0.0427	0.55	0.94	0.38
1	1	0.0427	0.0427	0.6	1.03	0.34
1	1	0.0427	0.0427	0.65	1.11	0.3
1	1	0.0427	0.0427	0.7	1.2	0.26
1	1	0.0427	0.0427	0.75	1.28	0.21
1	1.1	0.0426	0.0447	0.45	0.77	0.43
1	1.1	0.0428	0.0449	0.5	0.86	0.38
1	1.1	0.043	0.0451	0.55	0.94	0.34
1	1.1	0.0433	0.0454	0.6	1.03	0.29
1	1.1	0.0435	0.0456	0.65	1.11	0.24
1	1.1	0.0438	0.0459	0.7	1.2	0.2
1	1.1	0.044	0.0461	0.75	1.28	0.15
1	1.2	0.0427	0.0467	0.45	0.77	0.39
1	1.2	0.0431	0.0473	0.5	0.86	0.34
1	1.2	0.0436	0.0478	0.55	0.94	0.29
1	1.2	0.0441	0.0484	0.6	1.03	0.24
1	1.2	0.0447	0.0489	0.65	1.11	0.19
1	1.2	0.0452	0.0495	0.7	1.2	0.14
1	1.2	0.0458	0.0502	0.75	1.28	0.09
1	1.3	0.0429	0.049	0.45	0.77	0.35
1	1.3	0.0437	0.0498	0.5	0.86	0.3
1	1.3	0.0445	0.0508	0.55	0.94	0.24
1	1.3	0.0454	0.0517	0.6	1.03	0.19
1	1.3	0.0463	0.0528	0.65	1.11	0.13
1	1.3	0.0473	0.0539	0.7	1.2	0.08
1	1.4	0.0434	0.0514	0.45	0.77	0.32
1	1.4	0.0445	0.0527	0.5	0.86	0.26
1	1.4	0.0457	0.0541	0.55	0.94	0.2
1	1.4	0.0471	0.0557	0.6	1.03	0.14
1	1.4	0.0485	0.0574	0.65	1.11	0.08

表 3.1(b)VTLCD 系統裝置於單自由度結構之設計參數 (質量比 $\alpha=0.03$)

質量比 α %	變斷面 VTLCD 管徑 截面積比 λ	變斷面 VTLCD 水 平段管徑 Dh(m)	變斷面 VTLCD 垂直段管徑 Dv(m)	水平段長 度比 β	水平段長 度 d(m)	變斷面 VTLCD 靜 水位高度 hv (m)
3	1	0.074	0.074	0.45	0.77	0.47
3	1	0.074	0.074	0.5	0.86	0.43
3	1	0.074	0.074	0.55	0.94	0.38
3	1	0.074	0.074	0.6	1.03	0.34
3	1	0.074	0.074	0.65	1.11	0.3
3	1	0.074	0.074	0.7	1.2	0.26
3	1	0.074	0.074	0.75	1.28	0.21
3	1.1	0.0738	0.0774	0.45	0.77	0.43
3	1.1	0.0742	0.0778	0.5	0.86	0.38
3	1.1	0.0746	0.0782	0.55	0.94	0.34
3	1.1	0.075	0.0786	0.6	1.03	0.29
3	1.1	0.0754	0.079	0.65	1.11	0.24
3	1.1	0.0758	0.0795	0.7	1.2	0.2
3	1.1	0.0762	0.0799	0.75	1.28	0.15
3	1.2	0.0739	0.081	0.45	0.77	0.39
3	1.2	0.0747	0.0819	0.5	0.86	0.34
3	1.2	0.0756	0.0828	0.55	0.94	0.29
3	1.2	0.0765	0.0838	0.6	1.03	0.24
3	1.2	0.0774	0.0848	0.65	1.11	0.19
3	1.2	0.0783	0.0858	0.7	1.2	0.14
3	1.2	0.0793	0.0869	0.75	1.28	0.09
3	1.3	0.0744	0.0848	0.45	0.77	0.35
3	1.3	0.0757	0.0863	0.5	0.86	0.3
3	1.3	0.0771	0.0879	0.55	0.94	0.24
3	1.3	0.0786	0.0896	0.6	1.03	0.19
3	1.3	0.0802	0.0914	0.65	1.11	0.13
3	1.4	0.0752	0.089	0.45	0.77	0.32
3	1.4	0.0771	0.0913	0.5	0.86	0.26
3	1.4	0.0792	0.0937	0.55	0.94	0.2
3	1.4	0.0815	0.0964	0.6	1.03	0.14

表 3.1(c)VTLCD 系統裝置於單自由度結構之設計參數 (質量比 $\alpha=0.05$)

質量比 α %	變斷面 VTLCD 管徑 截面積比 λ	變斷面 VTLCD 水 平段管徑 Dh(m)	變斷面 VTLCD 垂直段管徑 Dv(m)	水平段長 度比 β	水平段長 度 d(m)	變斷面 VTLCD 靜 水位高度 hv (m)
5	1	0.0955	0.0955	0.45	0.77	0.47
5	1	0.0955	0.0955	0.5	0.86	0.43
5	1	0.0955	0.0955	0.55	0.94	0.38
5	1	0.0955	0.0955	0.6	1.03	0.34
5	1	0.0955	0.0955	0.65	1.11	0.3
5	1	0.0955	0.0955	0.7	1.2	0.26
5	1	0.0955	0.0955	0.75	1.28	0.21
5	1.1	0.0952	0.0999	0.45	0.77	0.43
5	1.1	0.0957	0.1004	0.5	0.86	0.38
5	1.1	0.0963	0.101	0.55	0.94	0.34
5	1.1	0.0968	0.1015	0.6	1.03	0.29
5	1.1	0.0973	0.102	0.65	1.11	0.24
5	1.1	0.0978	0.1026	0.7	1.2	0.2
5	1.1	0.0984	0.1032	0.75	1.28	0.15
5	1.2	0.0954	0.1045	0.45	0.77	0.39
5	1.2	0.0965	0.1057	0.5	0.86	0.34
5	1.2	0.0976	0.1069	0.55	0.94	0.29
5	1.2	0.0987	0.1081	0.6	1.03	0.24
5	1.2	0.0999	0.1094	0.65	1.11	0.19
5	1.2	0.1011	0.1108	0.7	1.2	0.14
5	1.3	0.096	0.1095	0.45	0.77	0.35
5	1.3	0.0977	0.1114	0.5	0.86	0.3
5	1.3	0.0995	0.1135	0.55	0.94	0.24
5	1.3	0.1015	0.1157	0.6	1.03	0.19
5	1.3	0.1035	0.118	0.65	1.11	0.13
5	1.4	0.0971	0.1149	0.45	0.77	0.32
5	1.4	0.0996	0.1178	0.5	0.86	0.26
5	1.4	0.1023	0.121	0.55	0.94	0.2
5	1.4	0.1052	0.1245	0.6	1.026	0.14

表 3.1(d)VTLCD 系統裝置於單自由度結構之設計參數(質量比 $\alpha=0.07$)

質量比 α %	變斷面 VTLCD 管徑 截面積比 λ	變斷面 VTLCD 水 平段管徑 Dh(m)	變斷面 VTLCD 垂直段管徑 Dv(m)	水平段長 度比 β	水平段長 度 d(m)	變斷面 VTLCD 靜 水位高度 hv (m)
7	1	0.113	0.113	0.45	0.77	0.47
7	1	0.113	0.113	0.5	0.86	0.43
7	1	0.113	0.113	0.55	0.94	0.38
7	1	0.113	0.113	0.6	1.03	0.34
7	1	0.113	0.113	0.65	1.11	0.3
7	1	0.113	0.113	0.7	1.2	0.26
7	1	0.113	0.113	0.75	1.28	0.21
7	1.1	0.1127	0.1182	0.45	0.77	0.43
7	1.1	0.1133	0.1188	0.5	0.86	0.38
7	1.1	0.1139	0.1194	0.55	0.94	0.34
7	1.1	0.1145	0.1201	0.6	1.03	0.29
7	1.1	0.1151	0.1207	0.65	1.11	0.24
7	1.1	0.1158	0.1214	0.7	1.2	0.2
7	1.1	0.1164	0.1221	0.75	1.28	0.15
7	1.2	0.1129	0.1237	0.45	0.77	0.39
7	1.2	0.1142	0.125	0.5	0.86	0.34
7	1.2	0.1155	0.1265	0.55	0.94	0.29
7	1.2	0.1168	0.128	0.6	1.03	0.24
7	1.2	0.1182	0.1295	0.65	1.11	0.19
7	1.2	0.1196	0.1311	0.7	1.2	0.14
7	1.3	0.1136	0.1295	0.45	0.77	0.35
7	1.3	0.1156	0.1318	0.5	0.86	0.3
7	1.3	0.1178	0.1343	0.55	0.94	0.24
7	1.3	0.1201	0.1369	0.6	1.03	0.19
7	1.3	0.1225	0.1396	0.65	1.11	0.13
7	1.4	0.1149	0.1359	0.45	0.77	0.32
7	1.4	0.1178	0.1394	0.5	0.86	0.26
7	1.4	0.121	0.1432	0.55	0.94	0.2
7	1.4	0.1245	0.1473	0.6	1.03	0.14

表 3.2(a)VTLCD 系統最佳設計參數與結構反應均方根值折減率(自由振

$$\text{盪 } x_s(0)=0.1\text{m}, \gamma=1)$$

質量比 α (%)	截面積比 λ	搭配水頭損失 係數 δ	水平長度比 β	結構位移均方根折 減(%)	結構加速度均方根 折減(%)
1	1	1	0.45	14.06	14.99
1	1.1	1	0.45	14.71	15.63
1	1.2	1	0.45	15.39	16.31
1	1.3	1	0.45	16.13	17.04
1	1.4	1	0.45	16.93	17.83
1	1	1	0.50	15.88	16.80
1	1.1	1	0.50	16.68	17.59
1	1.2	1	0.50	17.54	18.43
1	1	1	0.55	17.43	18.33

表 3.2(b)VTLCD 系統最佳設計參數與結構反應均方根值折減率(自由振

$$\text{盪 } x_s(0)=0.1\text{m}, \gamma=1)$$

質量比 α (%)	截面積比 λ	搭配水頭損 失係數 δ	水平長度比 β	結構位移均方根折 減(%)	結構加速度均方根 折減(%)
3	1	1	0.45	21.43	24.23
3	1.1	1	0.45	22.35	25.13
3	1.2	1	0.45	23.25	26.00
3	1.3	1	0.45	24.13	26.87
3	1.4	1	0.45	25.01	27.73
3	1	1	0.50	23.21	25.98
3	1.1	1	0.50	24.19	26.93
3	1.2	1	0.50	25.14	27.86
3	1	1	0.55	24.56	27.30

表 3.2(c)VTLCD 系統最佳設計參數與結構反應均方根值折減率(自由振

$$\text{盪 } x_s(0)=0.1\text{m} , \gamma=1)$$

質量比 α (%)	截面積比 λ	搭配水頭損失係數 δ	水平長度比 β	結構位移均方根折減(%)	結構加速度均方根折減(%)
5	1	1	0.45	21.77	26.47
5	1.1	1	0.45	22.73	27.40
5	1.2	1	0.45	23.66	28.29
5	1.3	1	0.45	24.54	29.14
5	1.4	1	0.45	25.36	29.93
5	1	1	0.50	23.22	27.87
5	1.1	1	0.50	24.22	28.83
5	1.2	1	0.50	25.12	29.69
5	1	1	0.55	24.28	28.89

表 3.2(d)VTLCD 系統最佳設計參數與結構反應均方根值折減率(自由振

$$\text{盪 } x_s(0)=0.1\text{m} , \gamma=1)$$

質量比 α (%)	截面積比 λ	搭配水頭損失係數 δ	水平長度比 β	結構位移均方根折減(%)	結構加速度均方根折減(%)
7	1	1	0.45	50.40	54.76
7	1.1	1	0.45	51.23	55.53
7	1.2	1	0.45	52.01	56.26
7	1.3	1	0.45	52.75	56.95
7	1.4	1	0.45	53.44	57.60
7	1	1	0.50	51.76	56.01
7	1.1	1	0.50	52.57	56.78
7	1.2	1	0.50	53.32	57.48
7	1	1	0.55	52.70	56.90
7	1.1	1	0.55	53.46	57.63
7	1	1	0.60	53.50	57.67

表 3.3(a)VTLCD 系統最佳設計參數與結構反應均方根值折減率(共振簡諧
擾動, $\gamma=1$)

質量比 α (%)	截面積比 λ	搭配水頭損失 係數 δ	水平長度比 β	結構位移均方根折 減(%)	結構加速度均方根 折減(%)
1	1	1	0.45	32.74	33.44
1	1.1	1	0.45	34.08	34.77
1	1.2	1	0.45	35.57	36.25
1	1.3	1	0.45	37.24	37.90
1	1.4	1	0.45	39.14	39.78
1	1	1	0.50	37.64	38.30
1	1.1	1	0.50	39.41	40.05
1	1.2	1	0.50	41.38	42.01
1	1.3	1	0.50	43.62	44.23
1	1	1	0.55	41.87	42.49
1	1.1	1	0.55	44.07	44.68
1	1	1	0.60	46.44	47.04



表 3.3(b)VTLCD 系統最佳設計參數與結構反應均方根值折減率(共振簡諧
擾動, $\gamma=1$)

質量比 α (%)	截面積比 λ	搭配水頭損失 係數 δ	水平長度比 β	結構位移均方根折 減(%)	結構加速度均方根 折減(%)
3	1	1	0.45	67.10	68.29
3	1.1	1	0.45	68.61	69.78
3	1.2	1	0.45	70.19	71.34
3	1.3	1	0.45	71.87	73.00
3	1.4	1	0.45	73.64	74.75
3	1	1	0.50	72.07	73.19
3	1.1	1	0.50	73.72	74.84
3	1.2	1	0.50	75.44	76.54
3	1.3	1	0.50	77.21	78.32
3	1.4	1	0.50	79.05	80.16
3	1	1	0.55	75.69	76.80
3	1.1	1	0.55	77.43	78.53
3	1.2	1	0.55	79.20	80.31
3	1.3	1	0.55	80.99	82.13
3	1	1	0.60	79.00	80.12
3	1.1	1	0.60	80.73	81.86
3	1.2	1	0.60	82.45	83.62
3	1	1	0.65	81.37	82.52
3	1.1	1	0.65	83.06	84.25
3	1	1	0.70	83.51	84.71

表 3.3(c)VTLCD 系統最佳設計參數與結構反應均方根值折減率(共振簡諧

擾動, $\gamma=1$)

質量比 α (%)	截面積比 λ	搭配水頭損失 係數 δ	水平長度比 β	結構位移均方根折 減(%)	結構加速度均方根 折減(%)
5	1	1	0.45	79.38	80.85
5	1.1	1	0.45	80.45	81.91
5	1.2	1	0.45	81.52	82.98
5	1.3	1	0.45	82.60	84.05
5	1.4	1	0.45	83.68	85.14
5	1	1	0.50	82.50	83.95
5	1.1	1	0.50	83.55	85.00
5	1.2	1	0.50	84.57	86.04
5	1.3	1	0.50	85.56	87.07
5	1.4	1	0.50	86.52	88.08
5	1	1	0.55	84.57	86.04
5	1.1	1	0.55	85.56	87.06
5	1.2	1	0.55	86.50	88.06
5	1.3	1	0.55	87.38	89.02
5	1	1	0.60	86.29	87.83
5	1.1	1	0.60	87.17	88.79
5	1.2	1	0.60	88.00	89.71
5	1	1	0.65	87.41	89.06
5	1.1	1	0.65	88.22	89.97
5	1	1	0.70	88.38	90.15

表 3.3(d)VTLCD 系統最佳設計參數與結構反應均方根值折減率(共振簡諧
擾動, $\gamma=1$)

質量比 α (%)	截面積比 λ	搭配水頭損失 係數 δ	水平長度比 β	結構位移均方根折 減(%)	結構加速度均方根 折減(%)
7	1	1	0.45	84.22	85.88
7	1.1	1	0.45	84.97	86.64
7	1.2	1	0.45	85.69	87.39
7	1.3	1	0.45	86.40	88.13
7	1.4	1	0.45	87.08	88.87
7	1	1	0.50	86.18	87.89
7	1.1	1	0.50	86.87	88.63
7	1.2	1	0.50	87.52	89.35
7	1.3	1	0.50	88.14	90.04
7	1.4	1	0.50	88.75	90.71
7	1	1	0.55	87.42	89.24
7	1.1	1	0.55	88.06	89.95
7	1.2	1	0.55	88.67	90.63
7	1.3	1	0.55	89.26	91.28
7	1	1	0.60	88.46	90.40
7	1.1	1	0.60	89.06	91.07
7	1.2	1	0.60	89.63	91.69
7	1	1	0.65	89.18	91.21
7	1.1	1	0.65	89.76	91.84
7	1	1	0.70	89.84	91.93
7	1	1	0.75	90.27	92.46

表 3.4 等斷面 TLCD 與變斷面 VTLCD 之最佳長度比與截面積比組合

截面積比 λ	水平長度比 β
1.0	0.55~0.75
1.1	0.55~0.75
1.2	0.55~0.75
1.3	0.5~0.70
1.4	0.5~0.70

表 4.1 等變斷面 TLCD/VTLCD 元件設計參數

變斷面積 TLCD						
設計頻率 f (Hz)	有效長度 Le (m)	水面垂直 高度 hv (m)	水平段 長度比 β	TLCD 管 徑 D (m)	截面積 A (m ²)	截面積比 $\lambda = A_v/A$
0.5	1.99	0.50	0.40	0.124	0.0121	1.52
等斷面積 TLCD						
設計頻率 f (Hz)	有效長度 Le (m)	水面垂直 高度 hv (m)	水平段 長度比 β	TLCD 管 徑 D (m)	截面積 A (m ²)	截面積比 $\lambda = A_v/A$
0.5	1.99	0.44	0.55	0.1	0.0079	1.00

表 4.2 鋁材之材料性質

物理量	大小
楊氏模數	70 GPa
剪力模數	26 GPa
降伏應力 σ_y	270 MPa
密度	2700 kg/m^3
斷面尺寸	$25\text{ mm} \times 25\text{ mm} \times 2\text{ mm}$
斷面積	1.840 cm^2
慣性矩	1.635 cm^4

表 4.3 加速規之規格(亦可量測速度)

Model		731A
		Power unit/Amplifier
Frequency Range	Acceleration	0.1~450Hz(3dB deviation)
	Velocity	1.5~150Hz(3dB deviation)
Dynamic Range	Acceleration	± 0.5g
	Velocity	± 50in/sec
Sensitivity	Acceleration	10 , 100 , 1000V/g
	Velocity	0.1 , 1 , 10V/(in/sec)
Noise	0.1~10Hz	1.0 μ g (Peak to Peak)
	10~450Hz	0.2 μ g rms

表 4.4 等斷面 TLCD 元件在不同面積比、水頭損失係數與液體激盪速度
 峰值（線性迴歸程式， $\delta = a_0 + a_1 * \text{Max.Slushing Velocity}$ ）

	孔口面積比 $\Phi=1.0$	孔口面積 比 $\Phi=0.64$	孔口面積比 $\Phi=0.36$
a0	5.3	8.5	24.2
a1	-3.6	-7.1	-28.3

表 4.5 結構+TLCD 參數分析 EL Centro(PGA=0.15g)

	結構 阻尼比%	結構阻尼 (kgf*sec/m)	結構勁度 (kgf/m)	結構頻率 (Hz)
TLCD	0.57	0.96	282.4	0.53
VTLCD	0.1	0.17	280.8	0.52

表 4.6 等變斷面 TLCD/VTLCD 結構設計參數

變斷面積 TLCD						
設計頻率 f (Hz)	有效長度 Le (m)	水平段管 長 d (m)	水面垂直高 度 hv (m)	截面積比 $\lambda = A_v/A_h$	質量比 α	水平段 長度比 β
0.53	1.70	0.80	0.40	1.52	10.54	0.47
等斷面積 TLCD						
設計頻率 f (Hz)	有效長度 Le (m)	水平段管 長 d (m)	水面垂直高 度 hv (m)	截面積比 $\lambda = A_v/A_h$	質量比 α	水平段 長度比 β
0.53	1.70	1.10	0.33	1.00	5.60	0.65

表 4.7 裝置不同孔口板之 TLCD 系統對結構位移與加速度均方根值折減之
 值(結構自由振動， $x_s(0) = 3.45 \text{ cm}$)

孔口板開孔面積 與 U 型管截面積 之比值 ϕ	結構位移 均方根值折減 (%)	結構加速度 均方根值折減 (%)
1.00	54.12	59.28
0.64	56.78	64.15
0.36	56.26	66.43

表 4.8 相同質量比、不同水平長度比與面積比之試驗結構位移、加速度均
方根值折減(結構自由振動， $x_s(0)=3.45$ cm)

	等斷面 TLCD(d=1, 1m) $\alpha=5.6\%$, $\beta=0.65$		等斷面 TLCD(d=0.65m) $\alpha=5.42\%$, $\beta=0.39$	
孔口板開口面積比例	結構位移均方根折減%	結構加速度均方根折減%	結構位移均方根折減%	結構加速度均方根折減%
1.0	54.12	59.28	24.74	31.87
0.36	56.78	64.15	30.31	36.54
0.36	56.26	66.43	48.43	51.75

表 4.9 裝置不同孔口板之 TLCD 系統對結構反應之折減值(簡諧擾動, 擾動
 振幅 3mm, $\gamma_s = 1.0$, 前 28 秒)

孔口板 開孔面積與 U 型管截面 積之比值 ϕ	結構位 移 均方根 值 折減 (%)	結構加 速度 均方根 值 折減 (%)	結構位 移 峰值折 減 (%)	結構加 速度 峰值折 減 (%)
1.00	68.02	70.65	76.35	77.34
0.64	67.65	69.94	75.08	76.25
0.36	47.68	55.35	55.75	60.63

表 4.10 等斷面 TLCD 結構在不同面積比、水頭損失係數與液體激盪速度
 峰值（線性迴歸程式， $\delta = a_0 + a_1 * \text{Max.Slushing Velocity}$ ）

	孔口面積比 $\Phi=1.0$	孔口面積比 $\Phi=0.64$	孔口面積比 $\Phi=0.36$
a0	6.7	7.6	13.4
a1	-9.6	-9.0	-5.7

表 4.11 不同擾動頻率比與孔口板所識別出之水頭損失係數(簡諧擾動，擾動振幅 3mm，前 40 秒)

簡諧波擾動頻率與結構之頻率比 γ_s	孔口板開孔面積與 U 型管截面積之比值 ϕ		
	1.00	0.64	0.36
0.57	42.61	29.57	47.07
0.75	19.80	24.64	32.76
0.94	3.67	5.22	14.14
1.00	4.05	5.31	14.05
1.13	2.39	3.80	8.83
1.32	6.52	7.84	12.56
1.51	15.04	17.23	22.35
1.70	29.01	32.54	35.51
	水頭損失係數 δ		

表 4.12 不同擾動頻率比與面積比試驗之最大水柱激盪位移(簡諧擾動，擾動振幅 3mm，前 40 秒)

簡諧波擾動頻率與結構之頻率比 γ_s	孔口板開孔面積與 U 型管截面積之比值 ϕ		
	1.00	0.64	0.36
0.57	0.011	0.016	0.011
0.75	0.027	0.021	0.021
0.94	0.198	0.113	0.073
1.00	0.102	0.096	0.082
1.13	0.106	0.074	0.058
1.32	0.026	0.023	0.024
1.51	0.016	0.015	0.011
1.70	0.013	0.009	0.008
	最大水柱激盪位移 (m)		

表 4.13 不同擾動頻率比與面積比之試驗結構位移均方根值折減(簡諧擾動，擾動振幅 3mm，前 40 秒)

簡谐波擾動 頻率與結構之頻 率比 γ_s	孔口板開孔面積與 U 型管截面積 之比值 ϕ		
	1.00	0.64	0.36
0.57	-0.11	-93.09	-86.12
0.75	-36.73	-38.30	-37.05
0.94	-78.52	-52.50	-44.31
1.00	68.02	67.65	47.68
1.13	17.36	25.82	37.64
1.32	37.37	38.86	39.48
1.51	52.01	53.35	54.32
1.70	62.92	63.19	63.86
	結構位移均方根值折減 (%)		

表 4.14 不同擾動頻率與面積比之試驗結構加速度均方根值折減(簡諧擾動，擾動振幅 3mm，前 40 秒)

簡諧波擾動頻率與結構之頻率比 γ_s	孔口板開孔面積與 U 型管截面積之比值 ϕ		
	1.00	0.64	0.36
0.57	29.16	20.71	33.97
0.75	16.66	19.71	20.28
0.94	-48.37	-26.63	-21.48
1.00	70.65	69.94	55.35
1.13	3.01	12.96	27.00
1.32	5.60	7.78	8.28
1.51	9.08	10.75	10.47
1.70	9.58	10.11	9.29
	結構加速度均方根值折減 (%)		

表 4.15 不同擾動頻率與面積比之試驗結構位移峰值折減(簡諧擾動，擾動
振幅 3mm，前 40 秒)

簡諧波擾動 頻率與結構之頻 率比 γ_s	孔口板開孔面積與 U 型管截面積 之比值 ϕ		
	1.00	0.64	0.36
0.57	4.83	-72.11	-63.77
0.75	-18.82	-17.39	-26.30
0.94	-62.70	-30.09	-17.57
1.00	76.35	75.08	55.75
1.13	29.91	39.70	50.92
1.32	33.77	34.36	31.63
1.51	41.51	42.62	44.77
1.70	50.43	54.39	57.58
	結構位移峰值折減(%)		

表 4.16 不同擾動頻率與面積比之試驗結構加速度峰值折減(簡諧擾動，擾動振幅 3mm，前 40 秒)

簡諧波擾動頻率與結構之頻率比 γ_s	孔口板開孔面積與 U 型管截面積之比值 ϕ		
	1.00	0.64	0.36
0.57	26.87	10.76	25.53
0.75	22.22	24.47	15.88
0.94	-34.53	-8.54	2.00
1.00	77.34	76.25	60.63
1.13	18.39	30.94	44.32
1.32	11.35	12.12	10.61
1.51	8.99	12.31	13.59
1.70	10.51	15.66	17.19
	結構加速度峰值折減 (%)		

表 4.17 相同質量比、不同水平長度比與面積比之試驗結構位移、加速度均方根值及峰值折減(簡諧擾動，擾動振幅 3mm，前 40 秒)

孔口板開口面積比例	等斷面 TLCD(d=1.1m)				等斷面 TLCD(d=0.65m)			
	結構位移均方根折減%	結構加速度均方根折減%	結構位移峰值折減%	結構加速度峰值折減%	結構位移均方根折減%	結構加速度均方根折減%	結構位移峰值折減%	結構加速度峰值折減%
100	68.02	70.65	76.35	77.34	36.71	39.34	47.80	49.76
64	67.65	69.94	75.08	76.25	33.05	35.59	46.06	48.06
36	47.68	55.35	55.75	60.63	34.74	36.38	41.52	42.95

表 5.1 變斷面 VTLCD 元件不同面積比、水頭損失係數與液體激盪速度峰值（線性迴歸程式， $\delta = a_0 + a_1 * \text{Max.Slushing Velocity}$ ）

	孔口面積比 $\Phi=1.0$	孔口面積比 $\Phi=0.64$	孔口面積比 $\Phi=0.36$
a0	4.57	7.8	19.41
a1	-5.0	-9.76	-7.68

表 5.2 裝置不同孔口板之 VTLCD 系統對結構位移與加速度均方根值折減
 之值(結構自由振動， $x_s(0)=3.45$ cm)

孔口板開孔面積 與 U 型管截面積 之比值 ϕ	結構位移 均方根值折減 (%)	結構加速度 均方根值折減 (%)
1.00	31.46	44.48
0.64	36.19	51.84
0.36	47.34	61.30

表 5.3 不同質量比、不同水平長度比與面積比之試驗結構位移、加速度均
方根值折減(結構自由振動， $x_s(0)=3.45$ cm)

	等斷面 TLCD(d=1, 1m) $\alpha=5.6\%$, $\beta=0.65$		等斷面 TLCD(d=0.8m) $\alpha=10.56\%$, $\beta=0.47$	
孔口板開口面積比例	結構位移均方根折減%	結構加速度均方根折減%	結構位移均方根折減%	結構加速度均方根折減%
1.0	54.12	59.28	31.46	44.48
0.36	56.78	64.15	36.19	51.84
0.36	56.26	66.43	47.34	61.3

表 5.4 裝置不同孔口板之 VTLCD 系統對結構反應之折減值(簡諧擾動，擾動振幅 3mm， $\gamma_s = 1.0$ ，前 25 秒)

孔口板 開孔面積與 U 型管截面 積之比值 ϕ	結構位 移 均方根 值 折減 (%)	結構加 速度 均方根 值 折減 (%)	結構位 移 峰值折 減 (%)	結構加 速度 峰值折 減 (%)
1.00	74.09	75.96	79.34	77.86
0.64	76.27	77.34	80.97	79.41
0.36	70.69	71.20	77.20	74.80

表 5.5 不同擾動頻率比與孔口板所識別出之水頭損失係數(簡諧擾動，擾動
振幅 3mm，前 40 秒)

簡諧波擾動頻 率與結構之頻率比 γ_s	孔口板開孔面積與 U 型管截面積之比值 ϕ		
	1.00	0.64	0.36
0.57	20.36	16.67	12.44
0.75	24.87	24.56	40.72
0.94	5.93	8.41	20.46
1.00	6.38	8.71	18.75
1.13	2.98	5.13	13.53
1.32	7.94	9.90	16.14
1.51	16.75	14.58	17.47
1.70	12.88	14.12	12.47
	水頭損失係數 δ		

表 5.6 變斷面 VTLCD 結構在不同面積比、水頭損失係數與液體激盪速度
 峰值（線性迴歸程式， $\delta = a_0 + a_1 * \text{Max.Slushing Velocity}$ ）

	孔口面積比 $\Phi=1.0$	孔口面積比 $\Phi=0.64$	孔口面積比 $\Phi=0.36$
a0	10.4	12.7	20.24
a1	-41.1	-42.5	-27.94

表 5.7 不同擾動頻率比與面積比試驗之最大水柱激盪位移(簡諧擾動, 擾動
振幅 3mm, 前 40 秒)

簡諧波擾動頻率與結構之頻率比 γ_s	孔口板開孔面積與 U 型管截面積之比值 ϕ		
	1.00	0.64	0.36
0.57	0.016	0.008	0.012
0.75	0.012	0.014	0.012
0.94	0.058	0.057	0.043
1.00	0.043	0.039	0.031
1.13	0.040	0.032	0.023
1.32	0.014	0.013	0.010
1.51	0.012	0.013	0.014
1.70	0.009	0.006	0.009
最大水柱激盪位移 (m)			

表 5.8 不同擾動頻率比與面積比之試驗結構位移均方根值折減(簡諧擾動，擾動振幅 3mm，前 40 秒)

簡諧波擾動頻率與結構之頻率比 γ_s	孔口板開孔面積與 U 型管截面積之比值 ϕ		
	1.00	0.64	0.36
0.57	-119.29	-96.83	-100.69
0.75	-79.84	-72.22	-63.16
0.94	-9.28	3.71	-2.21
1.00	74.09	76.27	70.69
1.13	35.35	41.71	50.09
1.32	45.25	49.14	51.84
1.51	52.89	62.89	59.02
1.70	65.46	66.71	65.77
	結構位移均方根值折減 (%)		

表 5.9 不同擾動頻率與面積比之試驗結構加速度均方根值折減(簡諧擾動，擾動振幅 3mm，前 40 秒)

簡諧波擾動 頻率與結構之頻 率比 γ_s	孔口板開孔面積與 U 型管截面積 之比值 ϕ		
	1.00	0.64	0.36
0.57	-7.83	6.20	13.97
0.75	-17.28	-14.56	-3.74
0.94	6.25	16.71	10.19
1.00	75.96	77.34	71.20
1.13	20.62	26.96	38.47
1.32	14.99	15.91	20.07
1.51	12.18	14.75	18.45
1.70	12.55	9.97	13.72
	結構加速度均方根值折減 (%)		

表 5.10 不同擾動頻率與面積比之試驗結構位移峰值折減(簡諧擾動，擾動
振幅 3mm，前 40 秒)

簡諧波擾動 頻率與結構之頻 率比 γ_s	孔口板開孔面積與 U 型管截面積 之比值 ϕ		
	1.00	0.64	0.36
0.57	-80.03	-54.65	-57.43
0.75	-65.43	-58.89	-49.13
0.94	6.78	18.74	20.17
1.00	79.34	80.97	77.20
1.13	42.81	50.59	58.13
1.32	39.88	48.22	51.68
1.51	42.29	55.69	44.29
1.70	57.83	51.90	48.80
	結構位移峰值折減 (%)		

表 5.11 不同擾動頻率與面積比之試驗結構加速度峰值折減(簡諧擾動，擾動振幅 3mm，前 40 秒)

簡諧波擾動頻率與結構之頻率比 γ_s	孔口板開孔面積與 U 型管截面積之比值 ϕ		
	1.00	0.64	0.36
0.57	1.13	18.19	21.01
0.75	-15.07	-14.10	-0.49
0.94	19.90	29.72	29.59
1.00	77.86	79.41	74.80
1.13	32.56	40.70	50.63
1.32	18.10	24.79	31.44
1.51	10.29	17.90	15.39
1.70	15.39	5.49	7.35
	結構加速度峰值折減 (%)		

表 5.12 等斷面 TLCD 與變斷面 VTLCD 在不同面積比之試驗結構位移、加
速度均方根值及峰值折減(簡諧擾動，擾動振幅 3mm)

孔口 板開 口面 積比 例	等斷面 TLCD(d=1.1m)				變斷面 TLCD(d=0.8m)			
	結構位移 均方根折 減%	結構加速 度均方根 折減%	結構位 移峰值 折減%	結構加 速度峰 值折減 %	結構位移 均方根折 減%	結構加速 度均方根 折減%	結構位 移峰值 折減%	結構加 速度峰 值折減%
1.0	68.02	70.65	76.35	77.34	74.09	75.96	79.34	77.86
0.64	67.65	69.94	75.08	76.25	76.27	77.34	80.97	79.41
0.36	47.68	55.35	55.75	60.63	70.69	71.20	77.20	74.80

表 6.1 台北 101 大樓結構系統參數

參數	數值(單位)
第一振態結構頻率	0.14 (Hz)
第一振態結構週期	7.02(sec)
第一振態結構質量	5371700(kg f-sec ² /m)
第一振態結構阻尼	192395.5(kg f-sec/m)
第一振態結構勁度	4036800(kg f/m)

表 6.2 TLCD 系統參數設計

質量比 $\alpha \%$	TLCD 管徑截 面積比 λ	TLCD 水平段 管徑 $D_h(m)$	TLCD 垂直段 管徑 $D_v(m)$	水平段長度 比 β	水平段長度 $d(m)$	TLCD 靜水位 高度 h_v (m)
0.625	1	4.1397	4.1397	0.45	11.01	6.73
0.625	1	4.1397	4.1397	0.5	12.24	6.12
0.625	1	4.1397	4.1397	0.55	13.46	5.51
0.625	1	4.1397	4.1397	0.6	14.68	4.89
0.625	1	4.1397	4.1397	0.65	15.91	4.28
0.625	1.1	4.1284	4.3299	0.45	11.01	6.18
0.625	1.1	4.1501	4.3526	0.5	12.24	5.51
0.625	1.1	4.1722	4.3758	0.55	13.46	4.83
0.625	1.2	4.1356	4.5303	0.45	11.01	5.63
0.625	1.2	4.1817	4.5808	0.5	12.24	4.89
0.625	1.3	4.1616	4.745	0.45	11.01	5.08
0.625	1.3	4.2361	4.8299	0.5	12.24	4.28
0.625	1.4	4.2076	4.9785	0.45	11.01	4.53

表 6.3 TLCD/VTLCD 系統最佳設計參數與結構反應均方根值折減率(台北 101 風力擾動， $\alpha=1.25\%$ ， $\gamma=1$ ，滿足水柱激盪位移限制)

水平段長度 d(m)	截面積比 λ	搭配水頭損失係數 δ	水平段長度比 β	結構位移均方根折減(%)	結構加速度均方根折減(%)	結構位移峰值折減(%)	結構加速度峰值折減(%)
13.46	1.1	5	0.55	16.61	19.44	23.57	30.96
14.68	1	7	0.60	18.65	21.52	24.44	31.68



表 6.4 台北 101 結構大樓加裝 TMD/TLCD 【 $\alpha=1.25\%$ 】設計參數資料比較

	TMD	TLCD	VTLCD
擺長 (m)	12.24		
有效液體長度 (m)		24.47	24.47
質量比 α (%)	1.25	1.25	1.25
阻尼 (ton-s/m)	15.55		
勁度 (ton/m)	52.38	53.85	60.27
水平段長度 (m)		14.68	13.46
垂直液體高度 (m)		4.98	5.51

表 6.5 台北 101 結構大樓加裝 TMD/TLCD 之減振效益比較 (頂樓)

	TMD	TLCD	VTLCD
結構位移均方根值折減 (%)	21	19	17
結構加速度均方根值折減 (%)	29	22	20
結構位移峰值折減 (%)	22	25	24
結構加速度峰值折減 (%)	38	32	31