

科學圖書大庫

農業水力學

編著者 林龍海

徐氏基金會出版

科學圖書大庫

農業水力學

編著者 林龍海

徐氏基金會出版

徐氏基金會科學圖書編譯委員會

科學圖書大庫

監修人 徐銘信 科學圖書編譯委員會主任委員
編輯人 林碧鏗 科學圖書編譯委員會編譯委員

版權所有

不許翻印

中華民國六十七年元月十八日初版

農業水力學

基本定價 2.40

編著者 林龍海 省立屏東農專副教授

本書如發現裝訂錯誤或缺頁情形時，敬請「刷掛」寄回調換。謝謝惠顧。

(63)局版臺業字第0116號

出版者 臺北市徐氏基金會 臺北市郵政信箱53-2號 電話 7813686號
發行者 臺北市徐氏基金會 郵政劃撥賬戶第15795號
承印者 大興圖書印製有限公司 三重市三和路四段一五一號 電話9719739

序 言

本書係專為農業土木以及其有關科系之學生編輯而成。

「水力學」係為流體力學之一部分。其目標是要將水在靜止以及運動狀態下之基本性質，用數量表出，同時在自然以及技術條件下，使能顯示出這些性質而明確其作用，以作為培養施設有關各種水利工程應具備之知識與技能。

「水力學」之內容，包括水之物理性質與其有關作用之基礎事項；以及設計、施工各種水利工程所應具備之理論與方法。因此「水力學」係以「數學」「物理」「應用力學」作為基礎，並與灌溉、排水、治水、上下水道、水力發電、工業用水、海港等之土木工程內容互有其關連。

本書之編輯，特別注意及下列各事項。

- (1)以指導學習之要領作為依據，並使之與「數學」「物理」「應用力學」「農業水利」「農業土木設計」等保持密切配合。
 - (2)術語，均按照教育部以及有關學會所訂定之標準用語作為原則，並於其後附以英文以資對照。
 - (3)考慮數學學習進度，對於理論之解說，儘量求其簡單，避免用高深之數理。
 - (4)為培養水工構造物之設計、施工能力，提出很多其有關之習題，並於卷末附有些關係式之圖表，以方便於實用計算。
- 本書匆匆付梓，疏忽之處，尚請有關專家、學者鑒諸先進，時賜指教，深為至禱。

林龍海 謹識

中華民國六十六年七月五日

目 錄

序 言

第一章 水之物理性質

- 第一節 密度…………… 1
- 第二節 壓縮性…………… 2
- 第三節 黏性…………… 2
- 第四節 表面張力與毛管現象… 4
- 第五節 膨脹係數…………… 6
- 第六節 單位與因次…………… 7

第二章 靜 水

- 第一節 靜水壓…………… 9
- 第二節 作用於平面之水壓… 15
- 第三節 作用於曲面之水壓… 23
- 第四節 浮力…………… 30

第三章 動 水

- 第一節 水流之狀態…………… 37
- 第二節 定量流之連續性…………… 39
- 第三節 柏諾利之定理…………… 40
- 第四節 畢托管…………… 45
- 第五節 文托利水錶…………… 46
- 第六節 水流之壓力…………… 47
- 第七節 水波…………… 49
- 第八節 常流與射流…………… 53

第四章 孔 口

- 第一節 小孔口…………… 61
- 第二節 大孔口…………… 64
- 第三節 潛孔口…………… 68
- 第四節 孔口排水時間與充水時間…………… 69
- 第五節 閘門…………… 72
- 第六節 短管…………… 74
- 第七節 管嘴…………… 78

第五章 堰

- 第一節 銳緣堰…………… 83
- 第二節 寬頂堰…………… 93
- 第三節 溢流壩…………… 94
- 第四節 潛堰…………… 97
- 第五節 側溢堰…………… 100
- 第六節 文托利水槽…………… 100

第六章 管 路

- 第一節 管內之流速分佈…………… 104
- 第二節 平均流速公式與摩擦損失水頭…………… 106
- 第三節 摩擦以外之損失水頭 109
- 第四節 管路之流量…………… 114
- 第五節 水力管路…………… 130

第七章 明渠

- 第一節 明渠之斷面流速分佈 139
- 第二節 平均流速公式與明渠之流量…………… 140
- 第三節 明渠之斷面形狀………… 141
- 第四節 明渠之各種損失水頭 149
- 第五節 水流之降落…………… 152
- 第六節 冲刷與沉澱…………… 153

第八章 變速流

- 第一節 變速流之基本式………… 157
- 第二節 臨界坡度與控制斷面 158
- 第三節 變速流之諸相…………… 159
- 第四節 迴水…………… 162

第九章 地下水

- 第一節 地下水之流動…………… 170
- 第二節 水井…………… 172
- 第三節 集水渠…………… 177
- 第四節 堤體之滲漏…………… 180
- 第五節 堰底之滲漏…………… 181

第十章 水工模型試驗

- 第一節 試驗之意義…………… 184
- 第二節 水工相似律…………… 184
- 第三節 模型之縮尺…………… 187
- 第四節 試驗結果之解釋………… 188

附 錄…………… 190

第一章 水之物理性質

第一節 密 度

液體之密度 (density)，係依據溫度，氣壓以及液體之純粹度等而變化。在一氣壓之下，水密度顯示在 4°C 時為最大，其值為 1.0 g/ml。

依據溫度，有關水之密度的變化，例如表 1-1 所示，變化極為微小。當水成為固態之冰時，則如同一般之固體，其密度將隨著溫度之下降而增大。

表 1-1 水之溫度與密度之關係 (1 氣壓)

水之場合

溫度 (°C)	0	4	10	15	20	30
密度 (g/ml)	0.99987	1.00000	0.99973	0.99913	0.99823	0.99568

水・積雪之場合

狀 態	水			積 雪	
溫度 (°C)	-20	-10	0	乾	濕
密度 (g/ml)	0.9203	0.9186	0.9167	0.12~0.20	0.20~0.30

水之密度雖然如表 1-1 所示隨溫度而變化，但一般在水力學之計算，均採用如下之值作為常溫時之水的單位重量：

$$1 \text{ g/cm}^3, \quad 1 \text{ kg/l}, \quad 1 \text{ t/m}^3$$

海水或含有泥土之河水，其密度均較 1.0 為大。海水之密度隨所含鹽分濃度而異，但普通大約採用 1.025，洪水時之河川濁水密度可達 1.01。

水以外之其他液體的密度，示於表 1-2。

表 1-2 各種液體之密度 (g/ml)

液 體 名 稱	溫 度 (°C)	密 度	液 體 名 稱	溫 度 (°C)	密 度
酒 精	20	0.785	甘 油	20	1.261
氨 (阿摩尼亞)	-40	0.690	重 油	室 溫	0.85~0.90
汽 油	室 溫	0.66~0.75	石 油 (燈 油)	室 溫	0.80~0.83
海 水	室 溫	1.01~1.05	硫 酸 (純)	20	1.834
牛 乳	室 溫	1.03~1.04	水	20	13.546

(理科年表)

第二節 壓縮性

物體根據其狀態，通常可分為固體、液體、氣體三種，其中之液體與氣體稱之為流體。

若變化流體之體積，則液體對於其體積之變化，顯示出很大的阻抗。然而，氣體則易變化其體積，且顯示出並無很大的阻抗。流體之如此性質，謂之壓縮性 (compressibility)。根據此點，即可以作為區別液體與氣體。又，由壓縮性之點而言，液體稱為非壓縮性流體，氣體稱為壓縮性流體。

於此，茲就液體之壓縮性討論之。

今，假設一定溫度之液體，其壓力 p_1 時之體積為 V_1 ，壓力 p_2 時之體積為 V_2 ，亦即當壓力增加 $(p_2 - p_1)$ 時，體積減少 $(V_1 - V_2)$ ，則

$$C = \frac{1}{V_1} \cdot \frac{(V_1 - V_2)}{(p_2 - p_1)} \dots\dots\dots (1-1)$$

式中，C 稱為平均壓縮率。其倒數 $E = 1/C$ ，稱為體積彈性係數 (bulk modulus elasticity)。

各種液體之 C 值，示於表 1-3。

表 1-3 液體之平均壓縮率

液 體	溫 度 (°C)	壓力之範圍(氣壓)	C [氣 壓] ⁻¹
酒 精	20	1~500	84.4 × 10 ⁻⁶
甲 醇	20	1~500	83.6
食鹽水 (5%)	25	0~500	38.9
水 銀	0	1~1,000	3.86
水	0	0~500	46.2
水	20	0~500	42.3
水	20	0~1,000	39.6

(理科年表)

由上表得知水之壓縮率極小，所以一般水力之計算，即使將之當作為非壓縮性處理亦無大礙。

然而，在運動激烈變化之場合，例如計算水壓管急速地關閉所引起之水錘作用時，則必須將壓縮性考慮進去。

第三節 黏 性

1. 液體之黏性與黏性係數 茲於液體之內部，考慮其流動方向之一個面。

若此面之兩側的水流有速度之差，速度大的部分將使速度小的部分在進行方向受到拉的作用，而速度小的部分將使速度大的部分受到相反的拉回作用。

此即為沿着面產生之一種抵抗流體的剪應力。液體之如此性質，稱為黏性 (viscosity)。

今，於圖 1-1 中，取水流之運動方向與 v 軸，並取與 v 軸成直角的方向為 y 軸，假設任意層 y 之流速為 v ，而距 y 層 Δy 微小距離一層之流速為 $v + \Delta v$ ，則 Δy 間之平均剪應力 τ 為

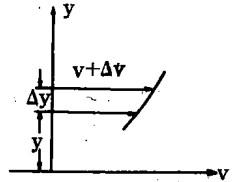


圖 1-1 黏性之說明圖

$$\tau = \mu \frac{\Delta v}{\Delta y} \dots \dots \dots (1-2)$$

y 之剪應力，即為將 Δy 視作為無限小之極限。比例常數 μ 稱為黏性係數 (coefficient of viscosity)。

由液體之黏性所引起之剪應力，當液體靜止時並不發生，當液體運動時，係作用於液體內部之面以及與液體所接觸之物體間。

若液體或氣體，即使流動時，亦如同靜止之情形，將之考慮為無黏性之理想流體，則稱之為完全流體。

μ 值係依據液體之種類而異。又，即使是同一液體，亦將因溫度之不同而使 μ 值有些微的差異。

在 0°C ，1 氣壓之情形下，水之黏性係數為：

$$\begin{aligned} \mu &= 0.01783 \text{ g/cm}\cdot\text{sec} && \text{C.G.S. 單位} \\ &= 0.01783 \times \frac{1}{g} = 0.0000182 \text{ g}\cdot\text{sec/cm}^2 && \text{重力單位} \end{aligned} \quad (1-3)$$

以 C.G.S. 單位所表示之 μ 的單位稱為泊 (poise，記號 P)。

若溫度與壓力發生變化，則 μ 之值也將隨之變化。 T 在 $0 \sim 50^\circ\text{C}$ 之範圍內，水之黏性係數 μ 與溫度 T 間之關係為：

$$\mu = \frac{0.0178}{1 + 0.0337 T + 0.000221 T^2} \text{ g/cm}\cdot\text{sec} \dots \dots \dots (1-4)$$

又， μ 與壓力 P 間之關係為：

$$\mu = 0.0179 (1 - 170 \times 10^{-4} p) \dots \dots \dots (1-5)$$

式中，

p ：壓力 (kg/cm²)

2. 動黏性係數 黏滯係數 μ 除以液體之密度 ρ 所得之值 ν ，稱為動黏性係

4 農業水力學

數 (kinematic viscosity coefficient)，亦即 $\nu = \frac{\mu}{\rho}$ 。以 C.G.S. 單位 cm^2/sec 所表示之 ν 的單位稱為斯托克 (Stokes, 記號 St)。水以及其他流體之 μ 與 ν 之值，示於表 1-4)。

表 1-4 黏性係數與動黏性係數

物 質	溫度 (°C)	μ (g/cm-sec)	ρ (g/cm ³)	ν (cm ² /sec)
水	0	17.834×10^{-5}	0.99987	0.0178
	10	13.022×10^{-5}	0.99973	0.0131
	20	10.019×10^{-5}	0.99823	0.0101
酒 精 甘 油	20	11.9×10^{-5}	0.789	0.015
	20	14.560	1.261	11.546
空 氣	0	171×10^{-5}	1.293×10^{-3}	0.132
	20	181×10^{-5}	1.205×10^{-3}	0.150

例題 1-1 試計算 30°C 之水的動黏性係數。

[解] 使用 1-1 表與 (1-4) 式，則 ν 值為：

$$\nu = \frac{\mu}{\rho} = \frac{1}{0.9957} \times \frac{0.0178}{1 + 0.0337 \times 30 + 0.000221 \times 30^2}$$

$$= 0.0080 \text{ (cm}^2/\text{sec)}$$

第四節 表面張力與毛管現象

1. 表面張力 物質內之相鄰分子間，由於有結合力作用着，所以若要將其相互間之分子拉開，必產生抵抗力。又，當液體附着於固體之表面時，若要將之拉開，亦會產生抵抗力。前者稱為凝集力，後者稱為附着力。

液體之自由表面，由於液體分子間之凝集力，液面恒有縮小成最小面積之性質。因此液體表面變成猶似具有彈性之薄膜，而於表面發生張力。此稱之為表面張力。

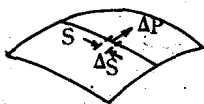


圖 1-2. 表面張力

如圖 1-2 所示，在液體表面上之曲線的一部分 ΔS 中，假設沿著此面而作用於垂直 ΔS 之力為 ΔP ，則表面張力 T 為：

$$T = \frac{\Delta P}{\Delta S} \dots\dots\dots (1-6)$$

表面張力之單位係以dyne/cm或g-wt/cm表示。若欲將前者換算為後者，則除以980即可。

接觸於空氣之水，其表面張力之值係隨溫度而異，示之如表 1-5。又，水以外之液體與空氣接觸時之表面張力，則示之如表 1-6。

表 1-5 水之表面張力

溫度 (°C)	0	5	10	15	20	25	30
表面 (dyne/cm)	75.64	75.92	74.22	73.49	72.75	71.97	71.18

(理科年表)

表 1-6 水以外之液體的表面張力

物質	酒精	甘油	水銀	石油
溫度 (°C)	20	20	15	18
表面張力 (dyne/cm)	23.3	63.4	487	26

(理科年表)

2. 毛管現象

(1)接觸角 在液體表面接觸於固體面之處，量自固體與液體境界面至液體與空氣境界面之角度，稱為接觸角。

如圖 1-3 (a)所示，在液面連接固體面之處，沿着固體而上昇時，接觸角 θ 為銳角。然而，如圖(b)所示，若液面沿着固體面往下壓低時，接觸面 θ 則為鈍角。

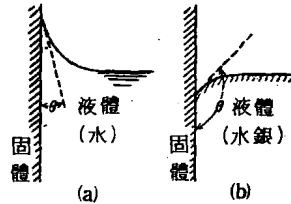


圖 1-3 接觸角

接觸角若為銳角時，則液體會沾濕固體，水與清潔之玻璃面間之關係係屬於此。接觸角若為鈍角時，液體將不會沾濕固體，水銀與玻璃面之情形即屬於此。

玻璃面與其所接觸之液體，其間之接觸角示之如表 1-7。

表 1-7 玻璃面與液體面之接觸角

液體	酒精	苯	水	乙基	水銀
接觸角 (°C)	0	0	8~9*	16	約 140

(物部長穗「水理學」)

* 磨光之玻璃與水之場合，接觸角為 0。

(2)毛管現象 在靜止之液體中，如同 1-4 所示垂直豎立細管，則液體可上昇進入管中或下降。

此係由於液體之表面張力與接觸角二者之現象組合而成，稱之為毛管現

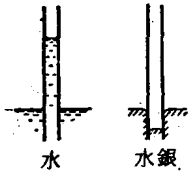


圖 1-4 毛細管現象

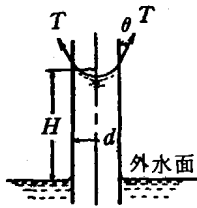


圖 1-5 毛管上昇高

象。

如水與玻璃管之情形，接觸角為銳角，亦即水可沾濕玻璃之時，水即上昇進入管中。

如水銀與玻璃管之情形，接觸角為鈍角，則管內之液體被壓下至比外側液面為低之下方。

圖 1-5 中，設毛管半徑為 r ，水與玻璃管之接觸角為 θ ，水之密度為 ρ ，水柱之平均上昇高為 H ，則作用於 H 水柱高之外力為重力與作用於周緣之表面張力。因此，由此等力之平衡條件，若以重力加速度為 g ，表面張力之強度為 T ，則

$$\rho g H \times \pi r^2 - (2 \pi r T \times \cos \theta) = 0$$

$$\therefore T = \frac{\rho g r H}{2 \cos \theta}$$

$$H = \frac{2 T \cos \theta}{\rho g r} = \frac{2 T \cos \theta}{w r}$$

} ... (1-7)

(1-7) 式之 w 為水之單位重量。因此得知毛管高 H 係與管徑成反比例。

第五節 膨脹係數

一定質量之液體，當溫度 $T^\circ\text{C}$ 時之體積為 V_0 ，溫度 $(T+t)^\circ\text{C}$ 時之體積膨脹成爲 V_t ，設 β 為膨脹係數，則此等之關係爲：

$$V_t = (1 + \beta_t) V_0, \quad \beta = \frac{1}{V_0} \times \frac{V_t - V_0}{t} \dots \dots \dots (1-8)$$

各種液體之膨脹係數，示於表 1-8。從表中得知，膨脹係數隨溫度之上昇，有些微的增加。

表 1-8 各種液體之膨脹係數

物質	溫度 ($^\circ\text{C}$)	$\beta \times 10^{-5}$	物質	溫度 ($^\circ\text{C}$)	$\beta \times 10^{-5}$
水	5 ~ 10	0.053	酒精	20	1.12
水	10 ~ 20	0.150	甘油	20	0.505
水	20 ~ 40	0.302	水銀	-20 ~ 0	0.1815
水	40 ~ 60	0.458	水銀	20	0.1819
水	60 ~ 80	0.587	水銀	0 ~ 100	0.1826

(理科年表)

第六節 單位與因次

所有的物理量，均由長度〔 L 〕，質量〔 M 〕，時間〔 T 〕所組合而成。測定此等長度、質量、時間三者之量的單位，稱為基本單位。除此以外之其他單位，由於均係由此等基本單位誘導而來，所以稱為誘導單位。

表示誘導單位與基本單位間之關係，稱為因次（dimension）。

例如，水路之長度、寬度、水深等，由於均以長度之一乘方表示，所以其因次為〔 L^1 〕，亦即〔 L 〕。

流水之斷面積，由於係以長度之二乘方表示，所以其因次為〔 L^2 〕，速度為距離〔 L 〕，除以時間〔 T 〕，所以其因次為〔 L/T 〕=〔 LT^{-1} 〕。

又，力為質量與加速度之乘積，而加速度為距離除以時間之二乘方，所以力之因次為〔 M 〕·〔 LT^{-2} 〕=〔 MLT^{-2} 〕。再者，壓力強度為力除以面積，所以其因次用〔 MLT^{-2} 〕/〔 L^2 〕=〔 $ML^{-1}T^{-2}$ 〕表示。

通常物理學或化學之各種定律，出現於其中的量，其單位之選擇方法可能並不一致。因此，表示定律關係式之各項有關基本單位，必須具有相同之因次。

又，各種量之計算途中，或有關所得之結果，最為重要的是，必須隨時考慮其因次是否正確。

在物理學中，基本單位使用 cm, g, sec，此稱為 C.G.S. 單位或理論單位。然而，在工程上則使用重力單位，並將長度、力、時間作為基本單位使用，在公制中用 m, kg-wt, sec。又，力之單位 kg-wt. 或 g-wt. 亦有簡略寫為 kg, g 者。

在 C.G.S. 單位中，力之單位為達因（dyne）。

設地球之重力加速度 $g = 980 \text{ cm/sec}^2$ ，則工程上之 g/wt 與 C.G.S 單位之 dyne 間之關係為：

$$1 g \text{ [工程]} = 980 \text{ dyne [C.G.S.]}$$

$$1 g \text{ [C.G.S.]} = 1/980 \text{ g.sec}^2/\text{cm [工程]}$$

各種量之單位與因次，示於〔附錄〕。

例題 1-2: 河川或水路之平均流速 v ，可用 $v = C \sqrt{RI}$ 求之。但 R 為水力半徑，是長度的單位。 I 為坡降，不具有因次， C 為流速係數。試求 C 之因次。

〔解〕 因〔 v 〕=〔 LT^{-1} 〕，而 I 不具有因次。

$$\text{故 } \{LT^{-1}\} = \{C\} \{L^{\frac{1}{2}}\}$$

$$\text{即 } \{C\} = \frac{\{LT^{-1}\}}{\{L^{\frac{1}{2}}\}} = \{L^{\frac{1}{2}}T^{-1}\}$$

習題

1. 試求水 20°C 時之黏性係數與動黏性係數。(答 $\mu = 10.12 \times 10^{-3} \text{ p}$
 $\nu = 10.14 \times 10^{-3} \text{ st}$)
2. 內徑 0.8 cm ，長度 70 cm 之玻璃管，必須用多少 g 之水銀才可將之注滿？
(答：478 cm)
3. 試求內徑 5 cm 之玻璃管垂直豎立於靜水中時，由於毛管現象使水上升管內之高度。但假定水之溫度為 20°C ，水與玻璃之接觸角為 9° 。
(答：0.59 cm)
4. 試求水壓強度，功率，表面張力之因次。功率為(功/時間)，表面張力為(功/面積)或(力/距離)。

第二章 靜水

第一節 靜水壓

靜止狀態之水稱為靜水，由靜水之重量所作用之壓力稱為靜水壓 (hydrostatic pressure)。

1. 靜水壓之強度 所謂靜水壓之強度 (intensity of hydrostatic pressure)，係為每一單位面積之水壓力大小。亦即，倘若加於面積 A 之總壓力為 P 時，靜水壓之強度 p (有時可稱為壓力度或簡稱為壓力) 為：

$$p = \frac{P}{A} \dots\dots\dots (2-1)$$

靜水壓強度之單位，若使用重力單位時，則為 $\text{kg-wt}/\text{cm}^2$ 或 $\text{t-wt}/\text{m}^2$ 。因此，總壓力於重力單位為 kg-wt 或 t-wt 。在水力學上，因一般之計算均採用重力單位，所以可將 wt 省略之，僅寫為 kg/cm^2 ， t/m^2 。

總壓力係為總水壓，亦可稱為水壓之合力。此係意味着分佈作用於一面積上之水壓，可用一與之完全相等之集中力替代。因此，必須明確其大小以及作用線之位置。

2. 靜水壓之性質

(1) 靜水壓係垂直作用於任意之面。作用於面之力，雖然一般可分為垂直作用於面之力與沿着面作用之力。但是，該液體中若其內部無相對運動發生，則摩擦力不復存在，故靜水中無摩擦力 (亦即剪應力) 之作用。亦即作用於靜水中任意面之力，必須為水壓力，而其方向必定垂直於該面。如圖 2-1 所示，倘若有一不垂直於

AB 面之水壓 P ，則可分解為二分力 P_1 與 P_2 ，分別

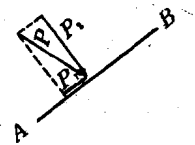


圖 2-1 作用於面上之靜水壓

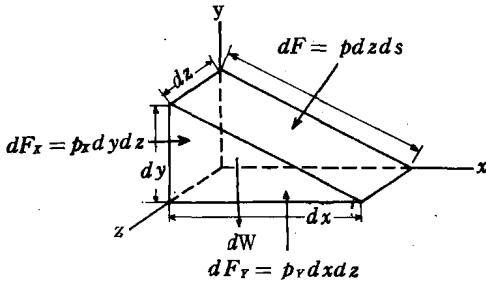


圖 2-2 水壓之平衡

重 dW 與靜水壓較之甚小，可忽視之。垂直於 $x-y$ 平面之力，各自相平衡，可以不計。列 x 與 y 軸方向之平衡式：

$$\Sigma F_x = 0 \quad p dz ds \sin \alpha - p_x dy dz = 0$$

$$\Sigma F_y = 0 \quad p dz ds \cos \alpha - p_y dx dz = 0$$

$$\therefore ds \sin \alpha = dy, ds \cos \alpha = dx$$

$$\therefore p = p_x = p_y$$

(3) 靜水壓之強度等於水深乘以水之單位重量，加上由外部所施予之壓力。今茲考慮一底面積為 A ，高度為 H ，上端與水面齊平之鉛垂水柱。由平衡條件視之。因作用於側面之水壓，其方向均為水平，而大小前後左右均相等，彼此相互抵消，故僅考慮垂直方向之水壓平衡即可。

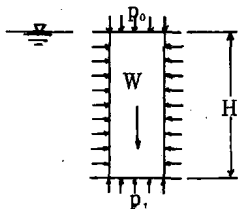


圖 2-3 作用於水柱之水壓

如圖 2-3 所示，假定大氣壓之強度為 p_0 ，作用於水柱底面向上之水壓強度為 p_1 ，水柱之重量為 W ，則：

$$p_1 A = p_0 A + W$$

$$\therefore W = w AH$$

$$\therefore p_1 A = p_0 A + w AH$$

$$p_1 = p_0 + wH$$

$$p_1 - p_0 = wH \dots\dots\dots (2-2)$$

在此計算中，雖然所考慮者為底面積 A 之水柱，然而，由於此面積無論為多少，其計算結果均不會因之而變。所以，亦可將此面積考慮為水中無限小之點。考慮 p_1 時，雖然是取為向上之壓力，但由於作用於水中一點之水壓，來自任何方向者均相等，所以若位置相等，以任何方向作為水壓均可。

因此，作用於靜水中任意點之壓力強度 p_1 ，等於該點之水深 H 乘以單

平行與垂直於 AB 面，但 P_1 僅能由剪應力以抵抗之，然而剪應力不存在，故不可能有 P_2 ，即 P 之方向必定垂直 AB 面。

(2) 靜水中，作用於任意點上各方向之靜水壓強度均等。

此為靜水壓之另一性質。說明此性質，可於水中取一無限小之楔形體積之水，將之視為自由體，如圖 2-2 所示。其

位重量 w ，再加上大氣壓 p_0 。

p_1 稱之為絕對壓力 (absolute pressure)，絕對壓力減去大氣壓所得之值，一般稱之為水壓〔或表壓力 (gage pressure)〕，若以 p 表示之，則：

$$p = p_1 - p_0 = wH \dots\dots\dots (2-3)$$

在水力學中，因係以力表示，所以有採用與靜水壓強度相等之力的水柱高表示之情形，此稱之為水頭。(2-3) 式中之 H 係表示水深，由於其係為產生壓力 p 者，所以稱為壓力水頭 (pressure head)。

例題 2-1 試求水面下 10 m 處之水壓。

〔解〕 $w = 1,000 \text{ kg/m}^3$ ， $H = 10 \text{ m}$

$$p = wH = 1,000 \times 10 = 10,000 \text{ (kg/m}^2\text{)} = 10 \text{ (t/m}^2\text{)}$$

3. 大氣壓 包圍於地球上之空氣，由空氣重量所施予地球表面之壓力，稱之為大氣壓 (atmospheric pressure)。

若在靜水面上豎立一管，並將空氣抽出，則管中之水將逐漸地上昇，一直到距水面約 10.336 m 之高度為止。

圖 2-4 中，設 B 點之壓力為 p ，則

$$p = wH$$

今，設 H 為 10.336 m，則

$$\begin{aligned} p &= 1,000 \times 10.336 = 10,336 \text{ (kg/m}^2\text{)} \\ &= 1.0336 \text{ (kg/cm}^2\text{)} \end{aligned}$$

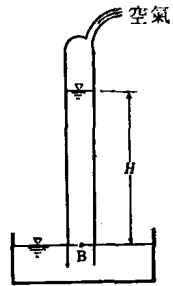


圖 2-4 大氣壓

由於同一水面上之壓力係相等，因此在水面上之管內外均有 1.033 kg/cm² 之壓力作用著。若將 10.336 m 換算為水銀柱高，則相當於 760 mm。

大氣壓雖然依場所、時、溫度等而異，但通常因變化很小，所以在水力學中，可將之認為定值。至於所謂 1 氣壓，即相當於在緯度 45° 之海面上，0°C 之狀態下，所測得水銀柱 760 mm 之壓力強度。若以絕對單位表示之，則 1 氣壓 = 1033.6 × 980 = 1.013 × 10⁶ dyne/cm²。因 10⁸ dyne/cm² 為 1 毫巴 (millibar)，所以 1 氣壓 = 1013 毫巴。然而，由於吾人始終生活於大氣中，因此對於此壓力並無感覺，唯若壓力稍為增加或減少，則隨即會感覺出有力之存在。於是，以大氣壓作為基準，並假設為 0，則比之為大之壓力稱為正壓力，比之為小之壓力稱為負壓力。通常水壓強度均用此方法表示。