

第IX章 参考

1 管径均等数

給水装置において、幹栓（主管）より支分できる栓数や支栓数を知るには、給水装置の実情に応じた計算によって決定すべきであるが、大管に相当する小管数や支栓数を参考として推測する場合は、次の略計算式及び管径均等表を用いるのが便利である。

$$N = (D/d)^{5/2}$$

N：小管（支栓）の数，D：大管（幹栓）の直径，d：小管（支栓）の直径

表IX-1-1 管径均等表

支栓径 (mm)	13	20	25	30	40	50	75	100	150
主管径 (mm)									
13	1.00	—	—	—	—	—	—	—	—
20	2.89	1.00	—	—	—	—	—	—	—
25	5.10	1.74	1.00	—	—	—	—	—	—
30	8.20	2.75	1.57	1.00	—	—	—	—	—
40	15.59	5.65	3.23	2.05	1.00	—	—	—	—
50	29.00	9.80	5.65	3.58	1.75	1.00	—	—	—
75	79.97	27.23	15.59	9.88	4.80	2.75	1.00	—	—
100	164.50	55.90	32.00	20.28	7.89	5.65	2.05	1.00	—
150	452.00	154.00	88.18	56.16	27.27	15.58	5.65	2.75	1.00

「給水装置ハンドブック」(東京都水道局給水装置技術研究会編)

※この式は長管の（流量計算の）ときに、流量Qは口径dの5分の2乗に正比例する。

※管長・水圧及び摩擦係数が同一のときに計算したものであり、給水装置の場合は、その実情に応じて適用する。

2 メータ一口径別使用流量基準（参考）

メーターの新JIS化に伴い、旧基準のメーターと同程度の耐久性を有しているメーターを選択した場合、適正な計量を維持するためには以下の表に示す使用流量、使用量、月間使用量となる。この値を超える場合は、メーターの十分な管理が必要である。

表IX-2-1 使用流量及び使用量・月間使用量

口径 (mm)	適正使用 流量範囲 (m ³ /h)	一時的使用の 許容流量 (m ³ /h)		1日当たりの使用量 (m ³ /日)			月間 使用量 (m ³ /月)
		1時間/日 以内使用 の場合	瞬時的 使用の 場合	1日使用 時間の合 計が5時間 のとき	1日使用 時間の合 計が10時 間のとき	1日24時間 使用の とき	
13	0.1~0.8	1.0	1.5	3	5	10	85
20	0.2~1.6	2.0	3.0	6	10	20	170
25	0.23~1.8	2.3	3.4	7	11	22	190
30	0.4~3.2	4.0	6.0	12	19	38	340
40A(接線流)	0.5~4.0	5.0	7.5	15	24	48	420
40B(たて型)	0.4~6.5	8.0	12.0	24	39	78	700
50(たて型)	2.0~20	25.0	37.0	56	90	180	2,100
75(たて型)	4.0~40	50.0	75.0	112	180	360	4,200
100(たて型)	6.0~60	80.0	120.0	180	288	576	6,700
100(電磁式)	0.4~125	200.0	200.0	800	800	1,000	30,000

※「水道メーターの選定・使用に関するマニュアル」(日本水道メーター工業会 H13.6)

3 流量計算

3.1 基礎知識

1 水の重さ

1気圧のもとにおける水の密度は、3.98°Cにおいて最大である。温度と密度の関係は、表IX-3-1のとおりである。

表IX-3-1 水の密度と単位体積重量

状態	水					
温度 (°C)	0	4	10	15	20	30
密度 ρ (kg/m ³)	999.84	999.97	999.70	999.10	998.20	995.65
単位体積重量 W (kN/m ³)	9.798	9.800	9.797	9.791	9.782	9.757

水の密度 ρ (ロ一) は、表IX-3-1のとおりであるが、一般に、
 $\rho = 1,000 \text{ kg/m}^3 (= 1 \text{ g/cm}^3 = 1 \text{ t/m}^3)$ として計算する。

$$W = \rho g$$

$$= 1,000 \text{ kg/m}^3 \times 9.8 \text{ m/s}^2 = 9,800 \text{ N/m}^3 = 9.8 \text{ kN/m}^3 \text{ (重力加速度 } g = 9.8 \text{ m/s}^2 \text{ とする。)}$$

2 水圧

水圧の単位は、Pa (パスカル) で表されるが、これを長さと力の単位で表すと次のようにある。

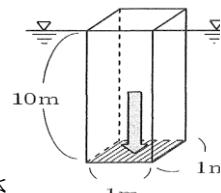
$$1 \text{ Pa} = 1 \text{ N/m}^2$$

つまり、1Paの水圧の大きさは、1m²の面積に1N(ニュートン)の力が作用した大きさである。

水深10mで1m²の面積にかかる水圧を考えると、水底には、水の重量がかかるので、水底の水圧は、(図IX-3-1)

$$\begin{aligned} \text{水圧} &= 1 \text{ m}^2 \times 10 \text{ m} \times 9.8 \text{ kN/m}^3 \div 1 \text{ m}^2 \\ &= 98 \text{ kN/m}^2 \\ &= 98 \text{ kPa } (= 0.098 \text{ MPa}) \end{aligned}$$

すなわち、水圧98kPa(=0.098MPa)ということは、10mの高さまで水を押し上げることができる圧力ということになる。



図IX-3-1

3 水頭

水圧がかかっている鉄管に穴をあければ、水が吹き出す。ここにガラス管を取り付けて、立ち昇る水柱の高さを測れば、その水圧の大きさを表わすことができる。このように、水が持つエネルギーを高さの単位で表現したものを「水頭」(Head、ヘッド)という。

すなわち水頭とは、単位体積重量の水の持つエネルギーであって長さの単位で表わす。

水の持つエネルギーには、高度エネルギー、速度エネルギー、圧力エネルギーの三種類あるので、水頭も高度水頭、速度水頭、圧力水頭の三種類がある。

それぞれの水頭を式で表わすと次のようになる。

(1) 高度水頭 (位置水頭)

位置エネルギー÷水の単位体積重量

$$= (\rho \times g \times z) \div (\rho \times g)$$

$$= z \text{ (m)}$$

(2) 速度水頭

速度エネルギー÷水の単位体積重量

$$= (\rho \times \frac{v^2}{2}) \div (\rho \times g)$$

$$= \frac{v^2}{2g} \text{ (m)}$$

(3) 圧力水頭

圧力エネルギー÷水の単位体積重量

$$= P \div (\rho \times g)$$

$$= \frac{P}{\rho g}$$

ここに ρ は水の密度 (kg/m^3)、 z は高さ (m)、 v は速度 (m/s)、 g は重力加速度 ($9.8\text{m}/\text{s}^2$)、 P は水圧 (Pa)。

〈水頭と水圧〉

水圧 0.1MPa (100kPa) での水の圧力水頭を求める。

圧力水頭=この水の圧力÷水の単位体積重量

$$= 0.1\text{MPa} \div 9.8\text{N}/\text{m}^3$$

$$= 0.1 \times 10^6\text{Pa} \div 9.8 \times 10^3\text{N}/\text{m}^3$$

$$\approx 10.2\text{m}$$

このことから、水圧 0.1MPa の水圧は水頭 10.2m であることが分かる。

水頭と水圧の関係を表IX-3-2 に示す。

表IX-3-2 水頭と水圧

水圧 MPa (kPa)	0.01 (10)	0.05 (50)	0.1 (100)	0.2 (200)	0.3 (300)
水頭 m	1.02	5.10	10.2	20.4	30.6

管路において、ある点で管内の水の持つエネルギーの大きさは、その点にガラス管をたて、その水位が何 m であるかを調べるか、その点の水圧を計ることにより知ることができる。

4 損失水頭

水が給水装置内を流れるとき、管壁の摩擦、メーター、水栓類、管継手類によるエネルギー消費、その他管の屈曲、分岐、断面変化等によるエネルギーの損失がある。これらの損失されたエネルギーを水の単位重量当たりに換算したものが、損失水頭である。

損失水頭のうち主なものは、管の摩擦損失水頭、メーター、水栓類、管継手類の損失水頭で、その他のものは計算上省略しても影響は少ない。

5 給水管の摩擦損失水頭

管路の摩擦損失水頭を求める式は種々あるが、ここでは、上水道の管路設計用として、広く用いられている式について述べる。

なお、実設計に当たっては、これらの式をいちいち計算するのは、大変な労力であるが、流量計算のため各種図や数表を用いて行うことができる。

(1) 摩擦損失水頭式

① 口径 50mm 以下

口径 50 mm 以下の給水管の摩擦損失水頭を計算する場合、一般にウェストン公式が使われている。

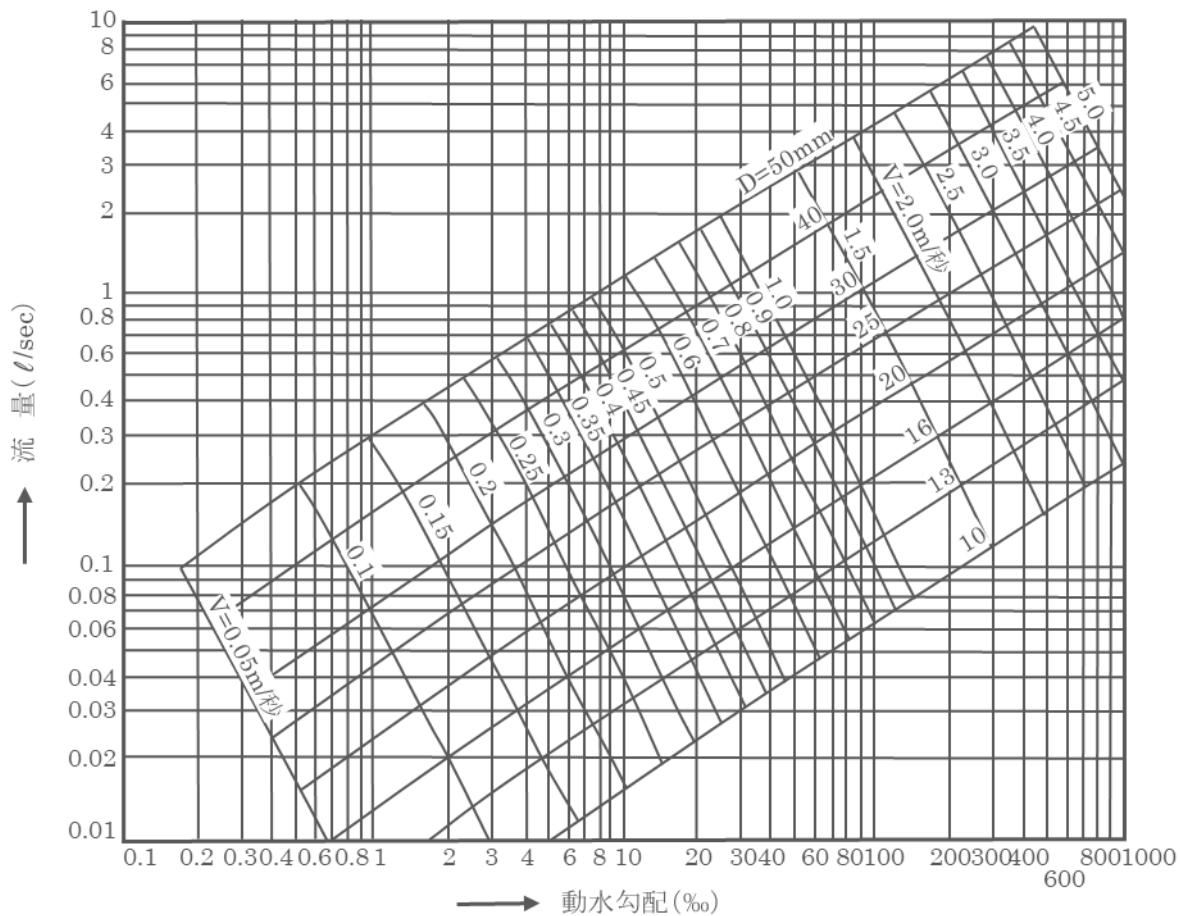
ウェストン公式

$$h = \left(0.0126 + \frac{0.01739 - 0.1087d}{\sqrt{v}} \right) \frac{L}{d} \cdot \frac{v^2}{2g}$$

ここに、 h は管の摩擦損失水頭 (m)、 v は管内平均流速 (m/s)、 L は管長 (m)、 d は管の実内径 (m)、 g は重力の加速度 (9.8m/s^2)

管の摩擦損失水頭と、管口径、管延長、流量の関係は、次のとおりである。

- ア 管口径が大きくなると、管の摩擦損失水頭は小さくなる。
- イ 管延長が長くなると、管の摩擦損失水頭は大きくなる。
- ウ 流量が大きくなると、管の摩擦損失水頭は大きくなる。



図IX-3-2 ウエストン公式の流量図

② 口径 75mm 以上

口径 75mm 以上の給水管の摩擦損失水頭はヘーゼン・ウイリアムスの公式を一般に使用している。

ヘーゼン・ウイリアムスの公式

$$h = 10.666 \times \frac{L \times Q^{1.85}}{C^{1.85} \times d^{4.87}}$$

ここに、 h は管の摩擦損失水頭 (m)、 L は管長 (m)、 Q は流量 (m^3/s)、 d は管の実内径 (m)、一般に、流速係数 C の値は、管内の粗度によって異なる。

種々の管種での C の値を表IX-3-3 に示す。

表IX-3-3

管 (内面の状態)	流速係数 C		
	最大値	最小値	標準値
鉄管 (塗装なし)	150	80	100
鋼管 (塗装なし)	150	90	100
水道用液状エポキシ塗装管 (鋼) ^{注1)} $\Phi 600\text{mm} \sim \Phi 350\text{mm}$	—	—	110
" $\Phi 300\text{mm}$ 以下	—	—	100

硬質ポリ塩化ビニル管 ^{注2)}	160	140	150
ポリエチレン管 ^{注2)}	170	130	150
強化プラスチック複合管 ^{注2)}	160	—	150

※令和3年 土地改良事業計画設計基準・設計「パイプライン」(農林水産省)

- 注1) JIS G 3443-4 によるエポキシ樹脂塗装が内面に施されているが、十分な経年変化後の水利データがないことから、タールエポキシ樹脂塗装として同様として扱い本表の値を適用して良い。
- 注2) 呼び径 150 mm 以下の管路では、C=140 を標準とする。

一般に新管を使用する設計においては、屈曲部損失等を含んだ管路全体として C=110、直線部の場合は C=130 が適当とされている。一方で、既設管路の整備や改良時にその C 値を知ることも必要としていることから、管種ごとの C 値が示されている表IX-3-3 も参考とする。

(2) 流量図とその使い方

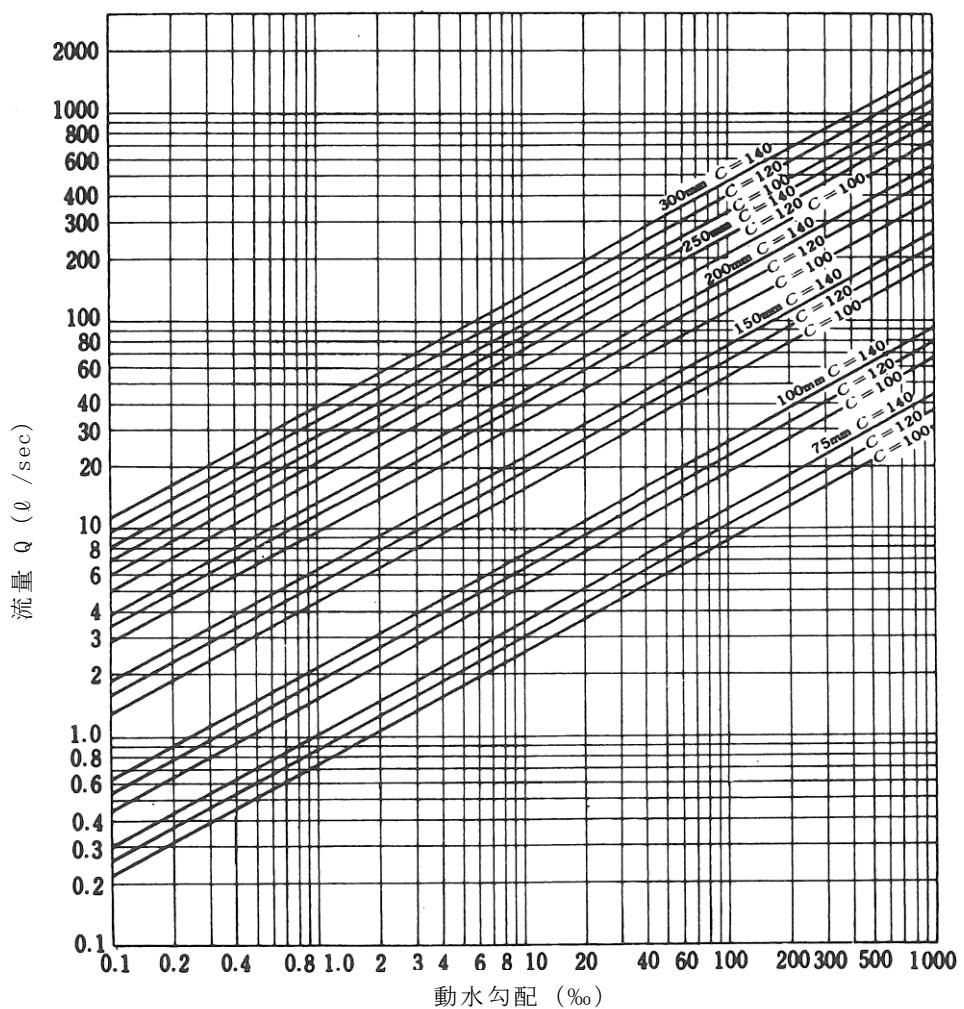
① ヘーゼン・ウイリアムス公式流量図

$$Q = 0.27853 \cdot C \cdot D^{2.63} \cdot I^{0.54}$$

ここに、Q は流量 (m^3/s)、C は流速係数、D は管の実内径 (m)、I は動水勾配 (%o)。

ア 動水勾配 20 (%o)、口径 75mm、C=100 の管を流れる流量は、図IX-3-3 に示すように、動水勾配 20 (%o) のところを垂直にのばし、口径 75mm、C=100 の直線とまじわった点を横に移動して流量 $3.7\ell/s$ を得る。

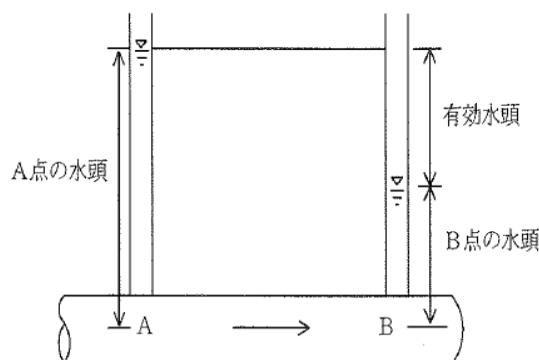
イ 口径 150mm、C=100 の管に $20\ell/s$ の流量を流したときの動水勾配は、図IX-3-3 に示すように流量 $20\ell/s$ のところを横にのばし、口径 150mm、C=100 の直線とまじわった点を下におろして、動水勾配 15 (%o) を得る。



図IX-3-3 ヘーゼン・ウイリアムズ公式の流量図

6 有効水頭

図IX-3-4において、A点の水頭のうち、B点から水を流すのに利用できる水頭のことをA、B間の有効水頭という。

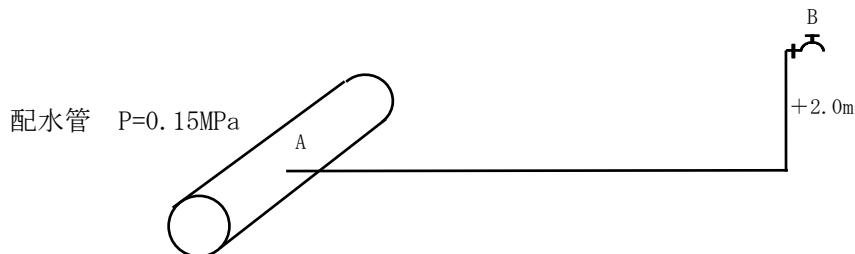


図IX-3-4

$$A \cdot B \text{間の有効水頭} = A \text{点の水頭} - B \text{点の水頭}$$

(例)

図IX-3-5 の給水装置の有効水頭を求める。



図IX-3-5

A 点の水頭は水圧 0.15MPa なので 15.3m である。B 点の水頭はその位置では 0m であるが A 点の位置（高さ）を基準とすると、立上り高さ分の 2m である。したがって、この給水装置の有効水頭は、

$$\begin{aligned} & 15.3m - 2m \\ & = 13.3m \text{ となる。} \end{aligned}$$

7 動水勾配

損失水頭とその距離との比を動水勾配といい、その単位は千分率（‰…パーミル）で表わす。
すなわち、

$$\text{動水勾配 (I)} = \frac{\text{損失水頭 (H)}}{\text{距離 (L)}} \times 1,000 \text{ (‰)}$$

(例)

(1) 管延長 10m の装置に水を流したとき損失水頭 3m であった。

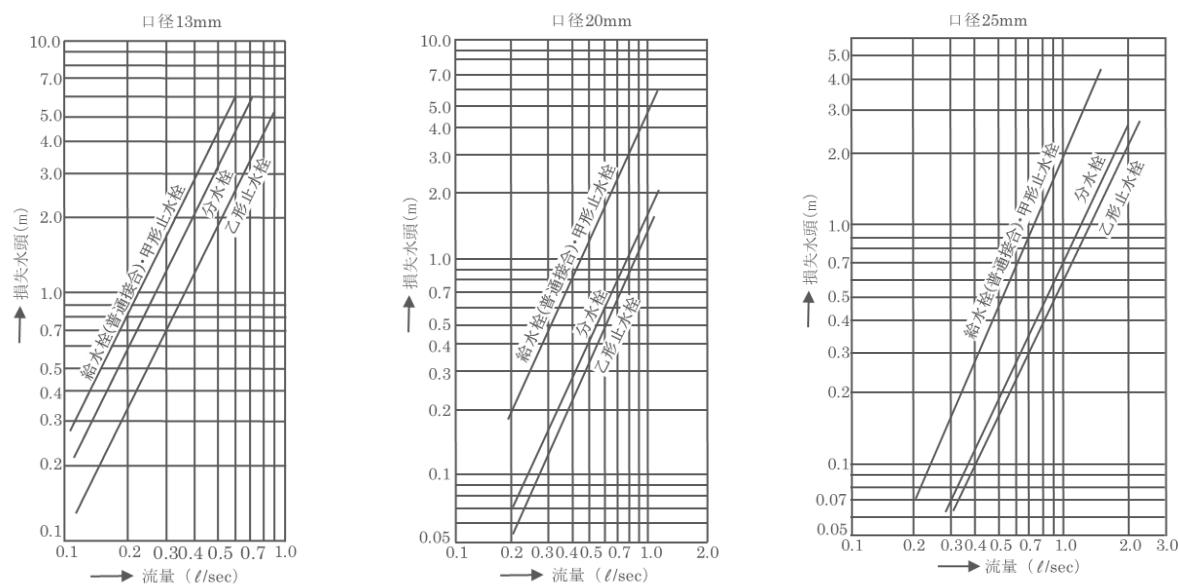
$$\text{動水勾配} = \frac{3m}{10m} \times 1,000 = 300 \text{ (‰)}$$

(2) 管延長 30m の装置を動水勾配 200 (‰) で水が流れたとき。

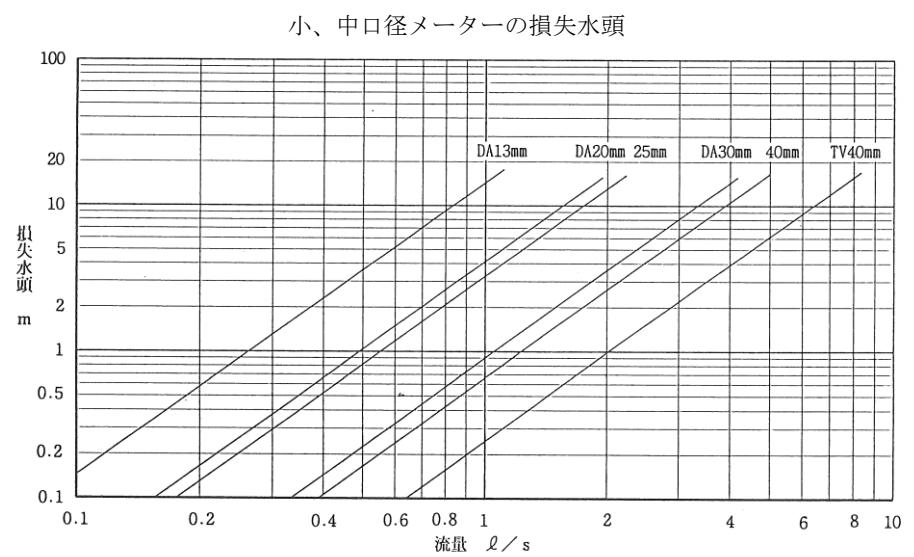
$$\text{損失水頭} = \frac{200}{1,000} \times 30 = 6 \text{ (m)}$$

8 水栓類、メーター、管継手類による損失水頭

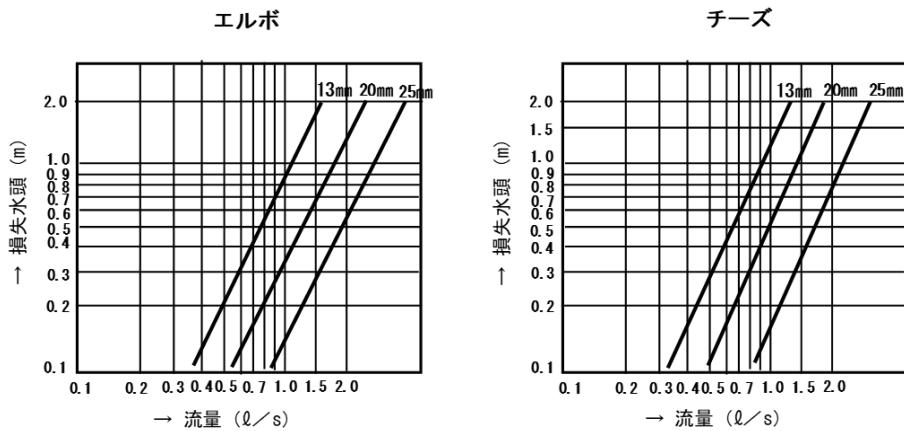
給水装置における損失水頭のうち、水栓類、メーター、管継手類による損失水頭の実験値を例示すれば図IX-3-6～8 のとおりである。



図IX-3-6 水栓類の損失水頭



図IX-3-7 メーターの損失水頭



図IX-3-8 管継手類による損失水頭

※図IX-3-6～8 水道施設設計指針 2012 (日本水道協会)

9 直管換算長

水栓類、メーター、管継手などによる損失水頭と同口径の直管の摩擦損失水頭を比べ、器具等の損失水頭と損失水頭が等しくなる直管の長さを、器具等の直管換算長という。

直管換算長がわかれば、各器具の損失水頭は、管の摩擦損失水頭を求める式から計算できる。

各器具の直管換算長の求め方は次のとおりである。

(1) 使用流量 (Q) に基づく各器具の損失水頭 (h) を図IX-3-6 より求める。

(2) ウエストン公式から、使用水量 (Q) に基づく動水勾配 (I) を求める。

(3) 直管換算長 (L) は、 $\frac{h}{I} \times 1,000 = \frac{(1)}{(2)} \times 1,000$ で求める。

<直管換算長算出例>

口径 13mm のメーターに 0.20/l/s の流量を流したとき、損失水頭は図IX-3-7 より、0.6m である。

次に図IX-3-2 のウエストン公式流量図から流量が 0.20/l/s のときの $I=230\text{‰}$ を得る。この場合、直管換算長を求めると、

$$L = \frac{h}{I} \times 1,000 = \frac{0.6\text{m}}{230} \times 1,000 = 2.6\text{m}$$

となる。

なお、表IX-3-4 は、定格流量においての各器具の直管換算長を示したものである。

表IX-3-4

口径 (mm)	サドル付 分水栓 (m)	乙止水栓 (m)	接線流羽根車 メーター (m)	たて型軸流 羽根車メータ ー (m)	単式 逆止弁 (m)	直管換算長 算出流量 (l/min)
13	2.1	1.0~2.0	DA 3.3	—	1.7~3.4	16
20	3.1	0.3~5.0	DA 6.5	—	2.6~8.1	38
25	7.3	0.6~5.1	DA 21.1	—	4.2~8.0	60
30	3.2	0.8	DA 14.3	—	5.6~9.3	85
40	4.7	0.3~2.8	DA 39.5	TV 15.0	6.8~12.1	150
50	6.3	0.4~1.6	—	FVA 12.6	7.1~19.2	240

注) 直管換算長算出流量は、JWWA B108 に規定する定格流量。2.0m/s を基準としている。

直管換算長は、東京都実験公式に基づいた算出例。

サドル付分水栓にはゴム製コア、シモク、S字管を含む。

口径 13mm のサドル付分水栓及び止水栓の直管換算長は、口径 20mm のものに 16l/min を流したときの損失をもとに算出した。

〔参考〕大口径メーター、水栓類、管屈曲の直管換算長を表IX-3-5、表IX-3-6、表IX-3-7 に示す。

表IX-3-5 大口径メーターの直管換算長

メーター 種類	換算長 (m)	直管換算長算出流量 (m ² /h)
75	18.6	27.7
100	38.7	51.0
150	36.0	120.5
200	56.7	219.5
250	89.6	350.6
300	100.5	495.5

表IX-3-6 水栓類の直管換算長

種類	口径 (mm)	直管換算長 (m)
甲形止水栓	13	2.5~4.3
甲形止水栓	20	4.8~7.4
甲形止水栓	25	7.4~10.0
ストレート水栓	13	6.1~6.5
横水栓	13	6.9~12.4
横水栓	20	9.4~13.5
ボールタップ	13	17.8~52.5
スリース弁	13	0.6

スリース弁	20	0.9~1.2
スリース弁	25	0.4
スリース弁	30	0.7
スリース弁	40	0.7~1.4
アンダル止水栓	13	3.5~5.9

表IX-3-7 管屈曲の換算長

種別 口径 (mm)	曲半径小なる場合		曲半径大なる場合	
	90° 曲管 (m)	45° 曲管 (m)	90° 曲管 (m)	45° 曲管 (m)
40	1.0	—	—	—
50	1.5	—	—	—
75	3.0	1.5	1.5	—
100	4.0	2.0	2.0	1.0
150	6.0	3.0	3.0	1.5
200	8.0	4.0	4.0	2.0
250	12.0	6.0	6.0	3.0

※表IX-3-5~7 「給水装置ハンドブック」(東京都水道局給水装置技術研究会編) 等参考

3.2 流量計算

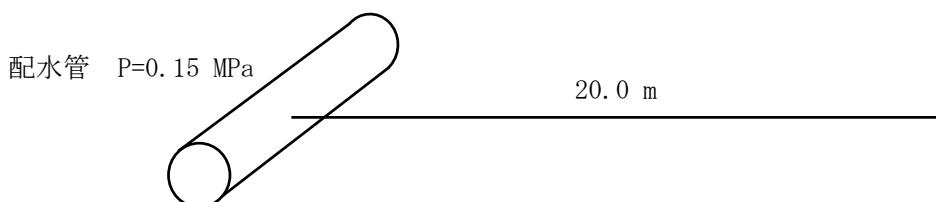
管路を流れる流量は、管路の損失水頭が、有効水頭と等しくなるように、計算して求める。

以下単一管路における流量計算の例をあげる。

1 流量計算例

(1) 配水管の水圧 0.15MPa、口径 20mm、延長 20.0m の管路を流れる流量を求める。

(分岐における損失は省略する。) (図IX-3-9)



図IX-3-9

$$\begin{aligned}
 \text{配水管の水頭} &= 0.15 \text{ MPa} \div 9.8 \text{ kN/m}^3 = 0.15 \times 10^6 \text{ Pa} \div 9.8 \times 10^3 \text{ N/m}^3 \\
 &= 15.3 \text{ m}
 \end{aligned}$$

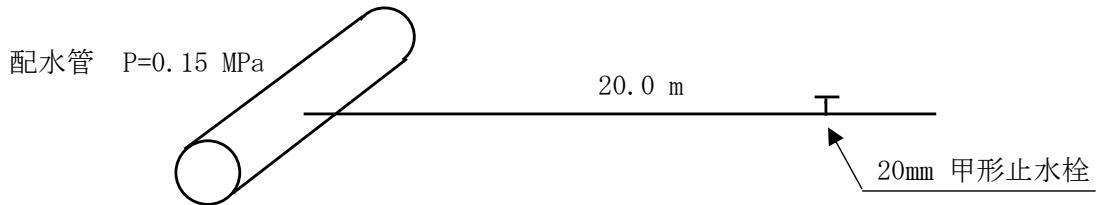
$$\text{管路の有効水頭} = 15.3 \text{ m} - 0 \text{ m} = 15.3 \text{ m}$$

$$\text{管延長} = 20 \text{ m}$$

$$\text{動水勾配} = \frac{15.3\text{m}}{20.0\text{m}} \times 1,000 = 765 (\%)$$

管口径 20mm で動水勾配 765 (%) のときの流量は、図IX-3-2 より、1.2 ℓ/s すなわち 72.0ℓ/min である。

- (2) 配水管の水圧 0.15MPa、口径 20mm、延長 20m の管を流れる流量を求める。
(分岐における損失は省略する。) (図IX-3-10)



図IX-3-10

$$\begin{aligned}\text{配水管の水頭} &= 0.15\text{MPa} \div 9.8\text{kN/m}^3 = 0.15 \times 10^6 \text{Pa} \div 9.8 \times 10^3 \text{N/m}^3 \\ &= 15.3\text{m}\end{aligned}$$

$$\text{管路の有効水頭} = 15.3\text{m} - 0\text{m} = 15.3\text{m}$$

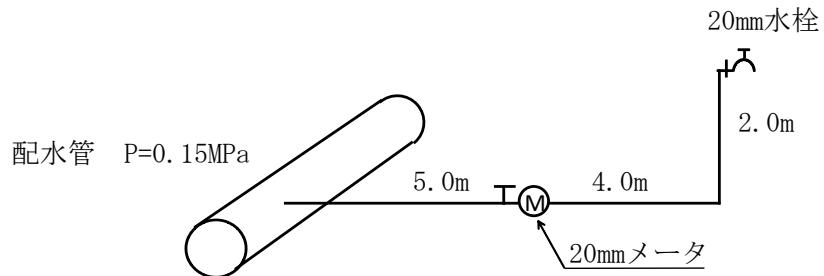
20mm 甲形止水栓の直管換算長は、表IX-3-6 より 7.4m、したがって計算上の管延長は、

$$20\text{m} + 7.4\text{m} = 27.4\text{m}$$

$$\text{動水勾配} = \frac{15.3\text{m}}{27.4\text{m}} \times 1,000 \doteq 558 (\%)$$

管口径 20mm で動水勾配 558 (%) のときの流量は、図IX-3-2 より、1.01ℓ/s すなわち 60.6ℓ/min である。

- (3) 配水管の水圧 0.15MPa で、次の装置を流れる流量を求める。(分岐、止水栓及び曲りの損失は省略) (図IX-3-11)



図IX-3-11

$$\begin{aligned}\text{配水管の水頭} &= 0.15\text{MPa} \div 9.8\text{kN/m}^3 = 0.15 \times 10^6 \text{Pa} \div 9.8 \times 10^3 \text{N/m}^3 \\ &= 15.3\text{m}\end{aligned}$$

管路の有効水頭 = 15.3m - 2m = 13.3m

表IX-3-4 及び表IX-3-6 より

20mm 水栓の直管換算長 13.5m

20mm メーターの直管換算長 6.5m

したがって計算上の管延長は、

$$5m + 4m + 2m + 13.5m + 6.5m = 31m$$

$$\text{動水勾配} = \frac{13.3m}{31m} \times 1,000 \approx 429 (\%)$$

管口径 20mm で、動水勾配 429 (%) のときの流量は、図IX-3-2 より $0.87\ell/s$ すなわち $52.2\ell/\text{min}$ である。

2 口径決定の方法

管路において、所定の流量に必要な口径は、流量公式から計算して求めることもできるが、ここでは、流量図を利用して求める方法を述べる。

口径決定の手順は、まず口径を仮定し、次にその管径で次の要件が満たされているかを確かめ、満されている場合それを求める口径とする。

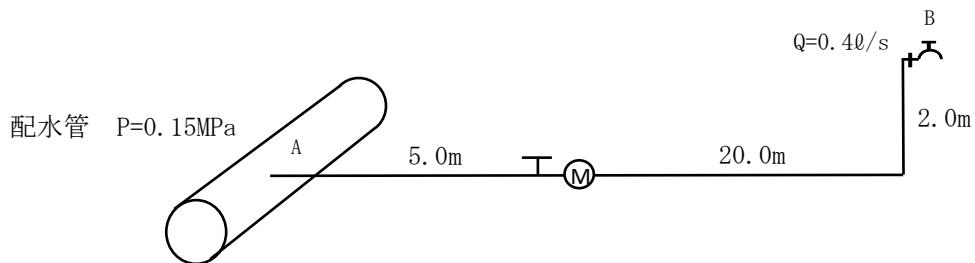
a 仮定した口径で、所定の流量が得られるか。

b 仮定した口径で、所定の流量を流したとき、損失水頭が有効水頭以下となるか。

a の方法は、支栓のない単一管路の場合に使用され、一般の給水装置のように支栓のある管路の場合は、b の方法又は a、b を併用した方法による。

(1) 決定例 I

図IX-3-12 の給水装置の口径を求める。(分岐、止水栓及び曲りの損失は省略)



図IX-3-12

① a の方法

ア 所要流量 $0.40 \ell/s$

イ 口径 20mm と仮定する

ウ AB 間の有効水頭 15.3m (配水管水頭) -2m (B 点の立上り) $= 13.3\text{m}$

工 直管換算長

$$\text{管廷長} \quad 5\text{m} + 20\text{m} + 2\text{m} = 27\text{m}$$

20mm メーター 6.5m

20mm 水栓 13.5m

$$\text{全直管換算長} \quad 27\text{m} + 6.5\text{m} + 13.5\text{m} = 47\text{m}$$

$$\text{才 動水勾配 } \frac{13.3\text{m}}{47\text{m}} \times 1,000 \doteq 283 \text{ (‰)}$$

力 流量

口径 20mm で動水勾配 283 (‰) のときの流量は、図IX-3-2 より、0.70ℓ/s である。

求めた流量 $0.70\ell/s$ は、所要流量 $0.40\ell/s$ より大きいので、仮定口径 20mm が求める口径である。

② b の方法

ア 所要流量 0.4ℓ/s

イ 口径 20mm と仮定する

ウ 直管換算長 47m

工 動水勾配

図IX-3-2 より、口径 20mm で流量 0.40ℓ/s 流したときの動水勾配は、120

(%) である。

$$\text{才} \quad \text{所要水頭} \frac{120}{1,000} \times 47 \doteq 5.6\text{m}$$

力 AB 間の有効水頭 13.3m

求めた所要水頭 5.6m は、有効水頭 13.3m より小さいので、仮定口径 20mm が求める口径である。

(2) 決定例Ⅱ

図IX-3-13 の給水装置の口径を求める。(分岐、止水栓及び曲りの損失は省略)

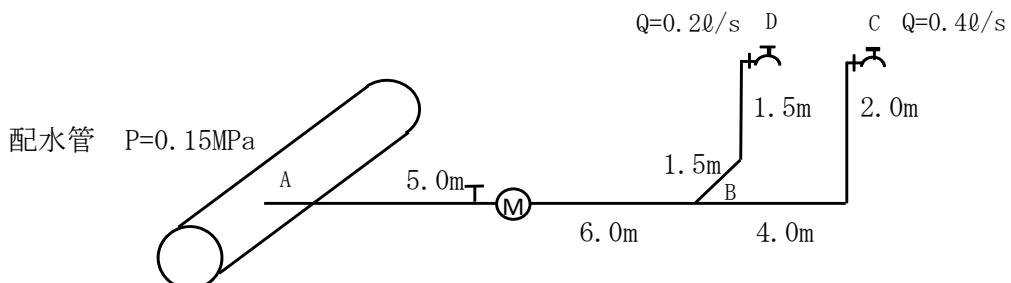


図 IX-3-13

① a、b併用の方法

ア 幹栓 AC 間の設計

[BC 間の設計]

(ア) C点の所要流量 $0.4\ell/s$

(イ) 口径 20mm と仮定する

(ウ) 直管換算長

$$\text{管延長} \quad 4\text{m} + 2\text{m} = 6\text{m}$$

$$20\text{mm 水栓} \quad 13.5\text{m}$$

$$\text{全直管換算長} \quad 6\text{m} + 13.5\text{m} = 19.5\text{m}$$

(エ) 動水勾配

図IX-3-2 より、管径 20mm で流量 0.4 ℓ/s のときの動水勾配は、120

(%) である。

(オ) B 点の所要水頭

$$\frac{120}{1,000} \times 19.5\text{m} + 2\text{m} (\text{C 点の立上り}) \doteq 4.3\text{m}$$

[AB 間の設計]

(ア) AB 間の所要流量

$$0.4\text{ℓ/s} (\text{C 点の流量}) + 0.2\text{ℓ/s} (\text{D 点の流量}) = 0.6\text{ℓ/s}$$

(イ) 口径 20mm と仮定する

(ウ) 直管換算長

$$\text{管延長} \quad 5\text{m} + 6\text{m} = 11\text{m}$$

$$20\text{mm メーター} \quad 6.5\text{m}$$

$$\text{全直管換算長} \quad 11\text{m} + 6.5\text{m} = 17.5\text{m}$$

(エ) 動水勾配

図IX-3-2 より、口径 20mm で流量 0.6ℓ/s のときの動水勾配は、230 (%)

である。

(オ) A 点の所要水頭

$$\frac{230}{1,000} \times 17.5\text{m} + 4.3\text{m} (\text{B 点の水頭}) \doteq 8.3\text{m}$$

求めた A 点の所要水頭 8.3m は、配水管の水頭 15.3m (0.15MPa) より小さいので、BC 間、AB 間それぞれの仮定口径が求める口径である。

イ 支栓 BD 間の設計

(ア) D 点の所要流量 0.2 ℓ/s

(イ) 口径 20mm と仮定する

(ウ) 直管換算長

$$\text{管延長} \quad 1.5\text{m} + 1.5\text{m} = 3\text{m}$$

$$20\text{mm 水栓} \quad 13.5\text{m}$$

$$\text{全直管換算長} \quad 3\text{m} + 13.5\text{m} = 16.5\text{m}$$

(エ) BD 間の有効水頭

$$4.3\text{m} (\text{B 点の水頭}) - 1.5\text{m} (\text{D 点の立上り}) = 2.8\text{m}$$

(オ) 動水勾配

$$\frac{2.8}{16.5} \times 1,000 \doteq 170 \text{ (‰)}$$

(カ) 流量

図IX-3-2より、口径20mm、動水勾配170 (‰) のときの、流量は0.52ℓ/sである。

求めた流量0.52ℓ/sは、所要流量0.2ℓ/sより大きいので、仮定口径20mmが求める口径である。

② b の方法

ア B点の所要水頭

[BD間の設計]

(ア) 流量 0.2 ℓ/s

(イ) 仮定口径 20mm

(ウ) 直管換算長 3m + 13.5m = 16.5m

(管延長) (20mm水栓)

(エ) 動水勾配 流量0.2ℓ/s、口径20mmの場合、図IX-3-2より33 (‰)

(オ) 損失水頭 動水勾配33 (‰)、管延長16.5mより $\frac{33}{1,000} \times 16.5 \doteq 0.6\text{m}$

(カ) 立上り 1.5m

(キ) 区間所要水頭 0.6m + 1.5m = 2.1m

(損失水頭) (立上り)

(ク) B点の所要水頭 2.1m + 0m = 2.1m

(区間所要水頭) (D点の所要水頭)

[BC間の設計]

(ア) 流量 0.4ℓ/s

(イ) 仮定口径 20mm

(ウ) 直管換算長 6m + 13.5m = 19.5m

(管延長) (20mm水栓)

(エ) 動水勾配 流量0.4ℓ/s、口径20mmの場合、図IX-3-2より120 (‰)

(オ) 損失水頭 $\frac{120}{1,000} \times 19.5 \doteq 2.3\text{m}$

(カ) 立上り 2.0m

(キ) 区間所要水頭 2.3m + 2.0m = 4.3m

(ク) B点の所要水頭 4.3m + 0m = 4.3m

BD間、BC間の設計において計算されたB点の所要水頭を比較し、最大値が求めるB点の所要水頭となる。この場合、B点の所要水頭は4.3mである。

ウ A点の所要水頭 (AB間の計算)

(ア) 流量 0.2ℓ/s + 0.4ℓ/s = 0.6ℓ/s

(BD 間の流量) (BC 間の流量)

(イ) 仮定口径 20mm

(ウ) 直管換算長 11m + 6.5m = 17.5m
(管延長) (20mm メーター)

(エ) 動水勾配 流量 0.6ℓ/s、口径 20mm の場合、図IX-3-2 より 230 (%)

(オ) 損失水頭 $\frac{230}{1,000} \times 17.5m \doteq 4.0m$

(カ) 立上り 0m

(キ) 区間所要水頭 4.0m + 0m = 4.0m
(損失水頭) (立上り)

(ク) A 点の所要水頭 4.0m + 4.3m = 8.3m
(区間所要水頭) (B 点の所要水頭)

求めた A 点の所要水頭 8.3m は、配水管の水頭 15.3m (0.15MPa) より小さいので、BC 間、BD 間、AB 間のそれぞれの仮定口径が求める口径である。

3.3 計算例

1 管路計算のモデル化

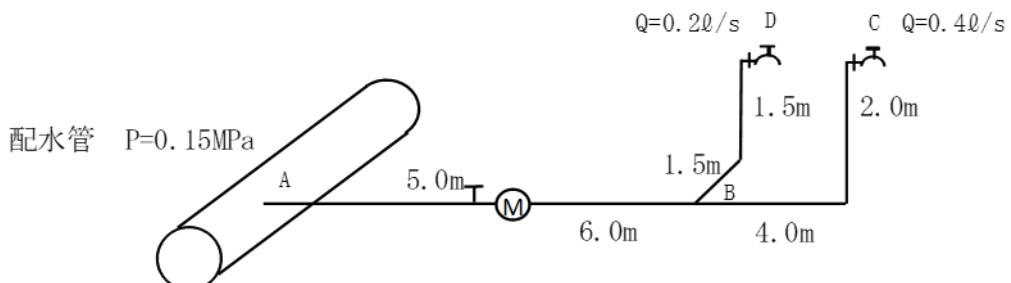
「2.2 2口径決定の方法」のbの方法（所要水頭と損失水頭の関係から口径を決定する方法）において、管路計算をモデル化し、所定の数値を表に記入し順次計算していく方法を参考として述べる。

計算はそれぞれの区間の口径を仮定し、給水装置の末端からの各分岐点での所要水頭を求め、最終的にその装置の配水管（本管）からの分岐箇所での所要水頭が配水管の水頭以下となるよう、仮定口径を修正して口径を決定する。

なお、「2.2 流量計算」では、各器具の損失水頭を直管換算長から算出しているが、このモデル化では、各器具の損失水頭を図IX-3-6～8より求める。(ただし、エルボ等の損失は無視している)

[参考例]

AC 間を口径 20 mm、BD 間を口径 13 mm と仮定



区間	流量 ℓ/min	仮定 口径mm	動水勾配 ‰ ①	延長 m ②	損失水頭 m ③=①×②/1000	立上げ 高さ m ④	所要水頭 m ⑤=③+④	備考
給水栓 C	24	20	給水用具の損失水頭			0.8	—	0.8
給水管 B~C 間	24	20	120	6.0	0.72	2.0	2.72	図IX-3-2
※ $24\ell/min = 0.4\ell/s$						計	3.52	

区間	流量 ℓ/min	仮定 口径mm	動水勾配 ‰ ①	延長 m ②	損失水頭 m ③=①×②/1000	立上げ 高さ m ④	所要水頭 m ⑤=③+④	備考
給水栓 D	12	13	給水用具の損失水頭			0.80	—	0.80
給水管 D~B 間	12	13	230	3.0	0.69	1.5	2.19	図IX-3-2
※ $12\ell/min = 0.2\ell/s$						計	2.99	

B~C間の所要水頭3.52m > B~D間の所要水頭2.99m。よって、B点での所要水頭は3.52mとなる。

給水管 A~B 間	36	20	220	11.0	2.42		2.42	図IX-3-2		
	36	20	逆止弁単式の損失水頭を0.8mとする。			—	※0.80			
	36	20	メーター		1.60	—	1.60	図IX-3-7		
	36	20	止水栓		1.80	—	1.80	図IX-3-6		
	36	20	分水栓		0.50	—	0.50			
※ 逆止弁(単式)の損失水頭は、製造会社による。						計	7.12			
※ $36\ell/min = 0.6\ell/s$										

$$\text{全所要水頭} = 3.52m + 7.12m = 10.64m$$

よって、 1.064kgf/cm^2 、 $1.064 \times 0.098\text{MPa} = 0.105\text{MPa} < 0.15\text{MPa}$ であるので、仮定口径どおりの口径で適当である。

2 直結式(一般住宅)の口径決定

(1) 計算条件

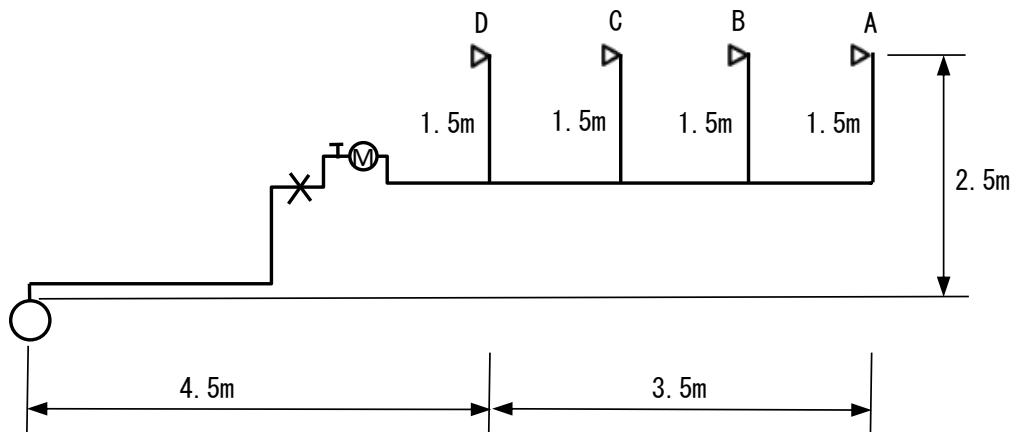
計算条件を次のとおりとする。

配水管の水圧 0.2MPa

給水栓数 4栓

給水高さ 2.5m

給水用具名
A 台所流し
B 洗面器
C 大便器(洗浄水槽)
D 浴槽(和式)



※横引き管等を省略した簡略管路としており、実際には横引き管等を含めた計算となる。

図IX-3-14

(2) 計算手順

- ① 計画使用水量を算出する。
- ② それぞれの区間の口径を仮定する。
- ③ 給水装置の末端から水理計算を行い、各分岐点での所要水頭を求める。
- ④ 同じ分岐点からの分岐管路において、それぞれの分岐点での所要水頭を求める。
その最大値が、その分岐点での所要水頭になる。
- ⑤ 最終的に、その給水装置が配水管から分岐する箇所での所要水頭が、配水管の水頭以下となるよう仮定口径を修正して口径を決定する。

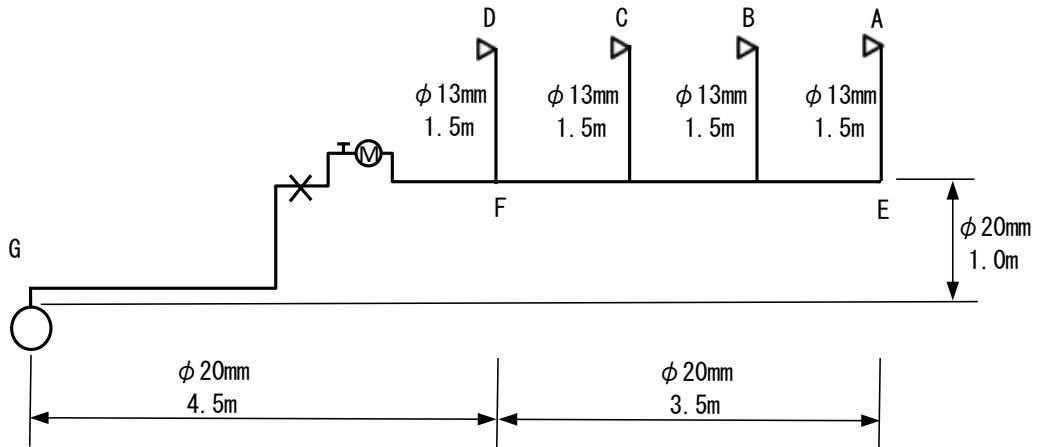
(3) 計画使用水量の算出

計画使用水量は、「第IV章 表IV-4-1 同時使用率を考慮した給水用具数」と「第IV章 表IV-4-2 用途別吐水量と対応する給水用具の口径」より算出する。

給水用具名	給水栓口径	同時使用の有無	計画使用水量
A 台所流し	13mm	使用	12ℓ/min
B 洗面器	13mm	—	
C 大便器(洗浄水槽)	13mm	—	
D 浴槽(和式)	13mm	使用	20ℓ/min
		計	32ℓ/min

(4) 口径の決定

各区間の口径を図IX-3-15 のように仮定する。



図IX-3-15

(5) 口径決定計算

区間	流量 ℓ/min	仮定 口径 mm	動水勾配 ‰ ①	延長 m ②	損失水頭 m ③=①×②/1000	立上げ 高さ m ④	所要水頭 m ⑤=③+④	備考
給水栓 A	12	13	給水用具の損失水頭		0.80	—	0.80	図IX-3-6
給水管 A~E 間	12	13	230	1.5	0.35	1.5	1.85	図IX-3-2
給水管 E~F 間	12	20	34	3.5	0.12	—	0.12	
※ $12\ell/min = 0.2\ell/s$							計	2.77

給水栓 D	20	13	給水用具の損失水頭		2.10	—	2.10	図IX-3-6
給水管 D~F 間	20	13	600	1.5	0.90	1.5	2.40	図IX-3-2
※ $20\ell/min = 0.33\ell/s$							計	4.50

A~F間の所要水頭2.77m < D~F間の所要水頭4.50m。よって、F点での所要水頭は4.50mとなる。

給水管 F~G 間	32	20	180	4.5	0.81	1.0	1.81	図IX-3-2
	32	20	メーター		1.20	—	1.20	図IX-3-7
	32	20	止水栓		1.38	—	1.38	図IX-3-6
	32	20	分水栓		0.50	—	0.50	
※ $32\ell/min = 0.53\ell/s$							計	5.64

$$\text{全所要水頭} = 4.50m + 5.64m = 10.14m$$

よって、 1.14kgf/cm^2 、 $1.14 \times 0.098\text{MPa} = 0.118\text{MPa} < 0.2\text{MPa}$ であるので、仮定口径どおりの口径で適當である。

3 直結式（一般住宅3階建て）の口径決定

（1）計算条件

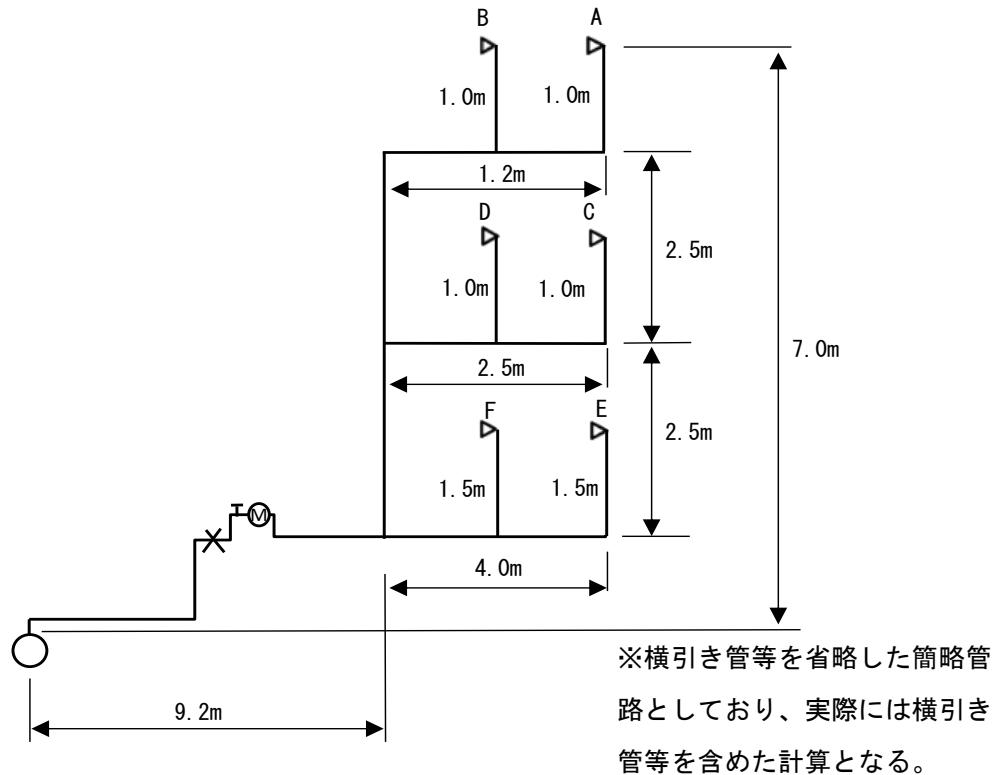
計算条件を次のとおりとする。

配水管の水圧 0.2MPa

給水栓 6栓

給水高さ 7.0m

給水用具名	
A 大便器（洗浄水槽）	D 洗面器
B 洗面器	E 浴槽（和式）
C 台所流し	F 大便器（洗浄水槽）



図IX-3-16

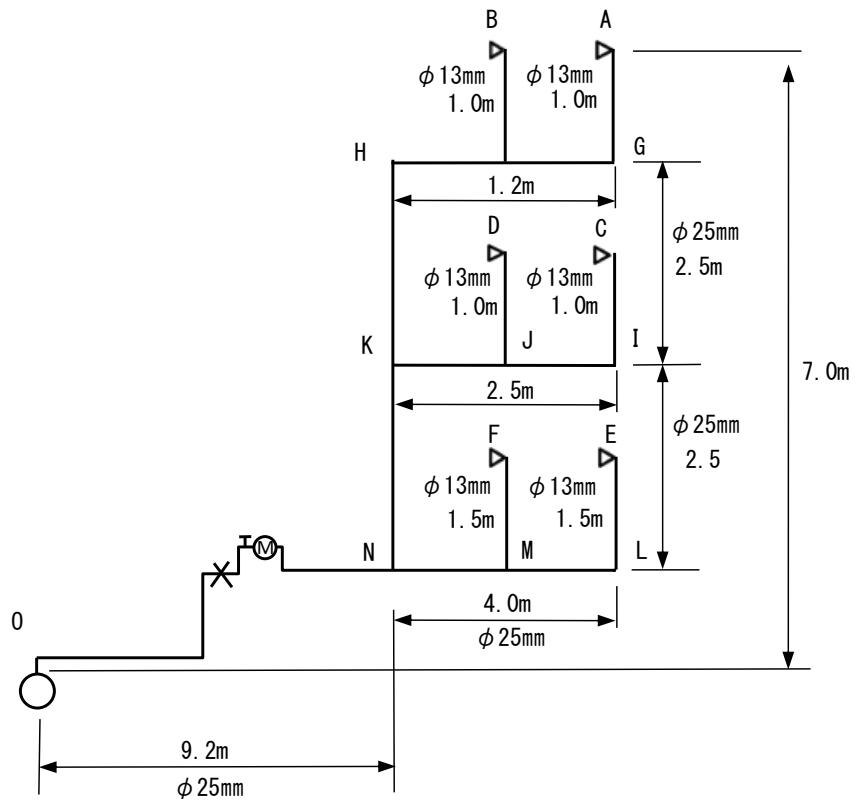
（2）計画使用水量の算出

計画使用水量は、表IV-4-1「同時使用を考慮した給水器具数」と表IV-4-2「用途別吐水量と対応する給水器具の口径」より算出する。

給水用具名	給水栓口径	同時使用の有無	計画使用水量
A 大便器（洗浄水槽）	13mm	使用	12ℓ/min
B 洗面器	13mm	—	
C 台所流し	13mm	使用	12ℓ/min
D 洗面器	13mm	—	
E 浴槽（和式）	13mm	使用	20ℓ/min
F 大便器（洗浄水槽）	13mm	—	
		計	44ℓ/min

（3）口径の決定

各区間の口径を次図のように仮定する。(図IX-3-17)



図IX-3-17

(4) 口徑決定計算

区間	流量 ℓ/min	仮定 口径 mm	動水勾配 ‰ ①	延長 m ②	損失水頭 m ③=①×②/1000	立上げ 高さ m ④	所要水頭 m ⑤=③+④	備考
給水栓 A	12	13	給水用具の損失水頭		0.80	—	0.80	図IX-3-6
給水管 A～G 間	12	13	230	1.0	0.23	1.0	1.23	図IX-3-2
給水管 G～H 間	12	25	13	1.2	0.02	—	0.02	
給水管 H～K 間	12	25	13	2.5	0.03	1.5	1.53	
※ $12\ell/min = 0.2\ell/s$						計	3.58	

給水栓 C	12	13	給水用具の損失水頭	0.80	—	0.80	図IX-3-6
給水管 C~I 間	12	13	230	1.0	0.23	1.0	1.23
給水管 I~K 間	12	25	13	2.5	0.03	—	0.03
※ $20\ell/\text{min} = 0.33\ell/\text{s}$					計	2.06	

A～K 間の所要水頭 3.58m > C～K 間の所要水頭 2.06m、よって、K 点での所要水頭は 4.58m となる。

区間	流量 ℓ/min	仮定 口径 mm	動水勾配 ‰ ①	延長 m ②	損失水頭 m ③=①×②/1000	立上げ 高さ m ④	所要水頭 m ⑤=③+④	備考
給水管 K～N 間	24	25	48	2.5	0.12	2.5	2.62	図IX-3-2
※ $24\ell/\text{min} = 0.4\ell/\text{s}$							計	2.62

給水栓 E	20	13	給水用具の損失水頭		2.10	—	2.10	図IX-3-6
給水管 E～L 間	20	13	600	1.5	0.90	1.5	2.40	図IX-3-2
給水管 L～N 間	20	25	33	4.0	0.13	—	0.13	
※ $20\ell/\text{min} = 0.33\ell/\text{s}$							計	4.63

K～N 間の所要水頭 3.58m + 2.62m = 6.20m > E～N 間の所要水頭 4.63m、よって、N 点での所要水頭は 6.20m となる。

給水管 N～0 間	44	25	120	9.2	1.10	1.0	2.10	図IX-3-2
	44	25	メーター		1.80	—	1.80	図IX-3-7
	44	25	止水栓		1.00	—	1.00	図IX-3-6
	44	25	分水栓		0.40	—	0.40	
※ $44\ell/\text{min} = 0.73\ell/\text{s}$							計	5.30

$$\text{全所要水頭} = 6.20\text{m} + 5.30\text{m} = 11.50\text{m}$$

よって、 $11.50\text{m} = 1.15 \text{ kgf/cm}^2$ 、 $1.15 \times 0.098 \text{ MPa} = 0.113 \text{ MPa} < 0.2 \text{ MPa}$ であるので、仮定口径どおりの口径で適當である。

4 直結式（共同住宅）の口径決定

（1）計算条件

計算条件を次のとおりとする。

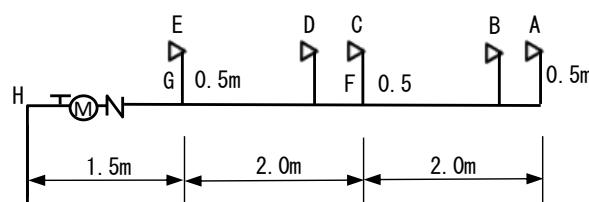
配水管の水圧 0.2MPa

間取り 3DK 6 戸

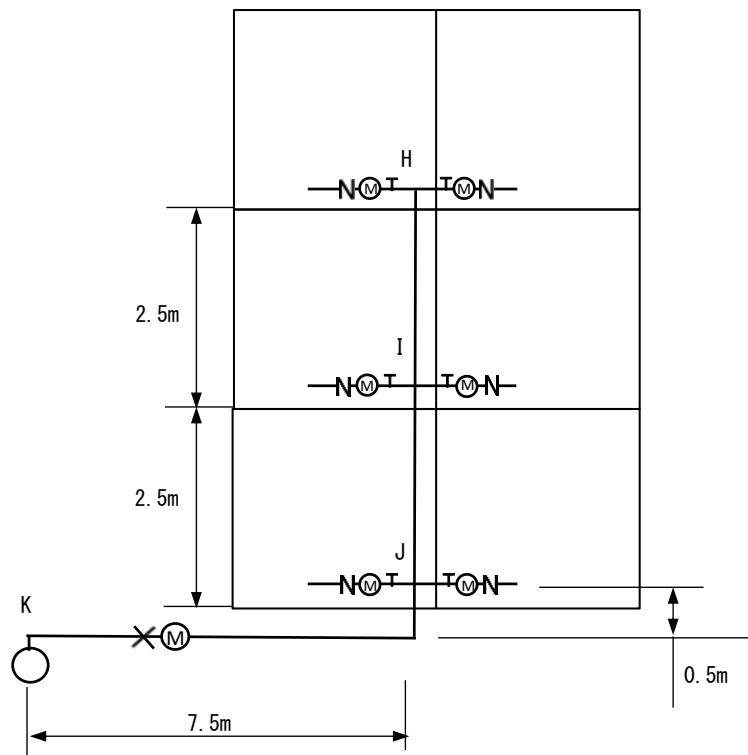
各戸の給水栓数 5 枠

給水高さ 6.0m

給水用具名	
A 給湯器	D 洗面器
B 台所流し	E 浴槽（和式）
C 大便器（洗浄水槽）	—



※横引き管等を省略した簡略管路としており、実際には横引き管等を含めた計算となる。



※親メーター設置、又は私設子メーター設置の場合
図IX-3-18

(2) 計画使用水量の算出

三階末端での計画使用水量は、(1)直結式（一般住宅）と同様を行い、2戸目以降は、第IV章 4-1 「計画使用水量の決定」 1-(1)-② 「戸数から同時使用水量を予測する算定式を用いる方法」により算出する。

① 三階末端での計画使用水量

給水用具名	給水栓口径	同時使用の有無	計画使用水量
A 給湯器	20mm	使用	※ 16ℓ/min
B 台所流し	13mm	—	
C 大便器（洗浄水槽）	13mm	使用	12ℓ/min
D 洗面器	13mm	—	
E 浴槽（和式）	13mm	使用	20ℓ/min
※給湯器の計画使用水量について は、製造会社の資料による。		計	48ℓ/min

② 2戸目以降

戸数から同時使用水量を予測する算定式

10 戸未満 $Q = 42N^{0.33}$

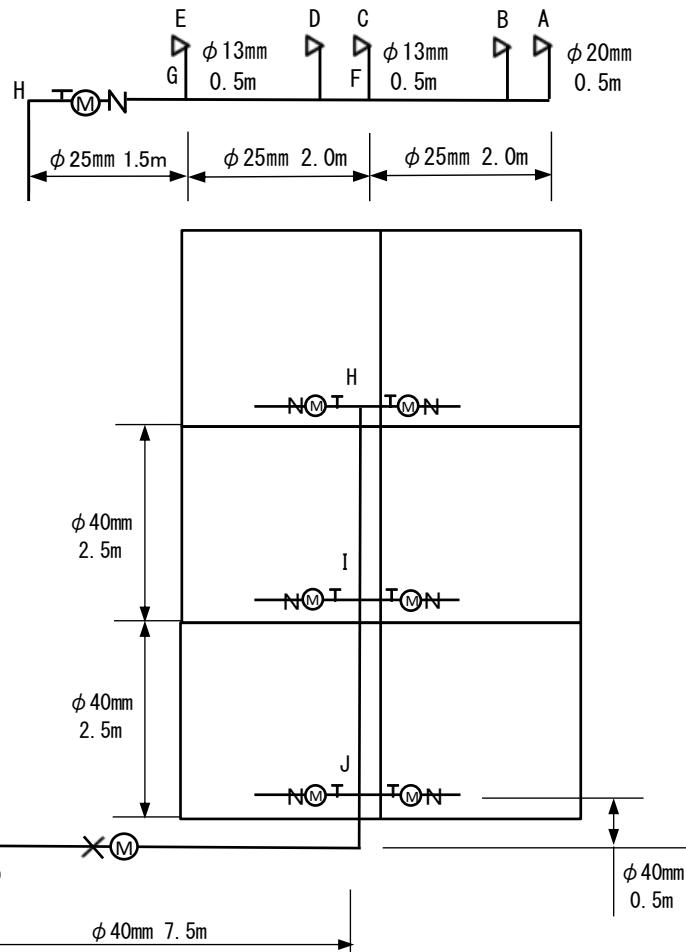
Q : 同時使用水量 N : 戸数

2 戸目 $Q = 42 \times 2^{0.33} = 53\ell/\text{分}$

4 戸目 $Q = 42 \times 4^{0.33} = 66\ell/\text{分}$

6 戸目 $Q = 42 \times 6^{0.33} = 76\ell/\text{分}$

③ 口径の決定



図IX-3-19

④ 口径決定計算

区間	流量 ℓ/min	仮定 口径 mm	動水勾配 ‰ (1)	延長 m (2)	損失水頭 m (3)=(1)×(2)/1000	立上げ 高さ m (4)	所要水頭 m (5)=(3)+(4)	備考
給水栓 A	16	20	給水用具の損失水頭			—	※2.50	図IX-3-6
給水管 A~F 間	16	20	60	2.5	0.15	0.5	0.65	図IX-3-2

※ 給湯器の所要水量については、製造会社の資料による。

※ $16\ell/\text{min} = 0.27\ell/\text{s}$

計 3.15

給水栓 C	12	13	給水用具の損失水頭	0.80	—	0.80	図IX-3-6
給水管 C~F 間	12	13	230	0.5	0.12	0.5	0.62

※ $12\ell/\text{min} = 0.2\ell/\text{s}$

計 1.42

A~F 間の所要水頭 $3.15 > C~F$ 間の所要水頭 1.42m 、よって、F 点での所要水頭は 3.15m と

なる。

区間	流量 ℓ/min	仮定 口径 mm	動水勾配 ‰ ①	延長 m ②	損失水頭 m ③=①×②/1000	立上げ 高さ m ④	所要水頭 m ⑤=③+④	備考
給水管 F~G 間	28	25		55	2.0	0.11	—	0.11 図IX-3-2
※ $28\ell/\text{min} = 0.47\ell/\text{s}$							計	0.11

給水栓 E	20	13	給水用具の損失水頭		2.10	—	2.10	図IX-3-6
給水管 E~G 間	20	13	600	0.5	0.30	0.5	0.80	図IX-3-2
※ $20\ell/\text{min} = 0.33\ell/\text{s}$							計	2.90

F~G 間の所要水頭 $3.15 + 0.11\text{m} = 3.26\text{m} > E~G$ 間の所要水頭 2.90m 、よって、G 点での所要水頭は 3.26m となる。

給水管 G~H 間	48	25	160	1.5	0.24	—	0.24	図IX-3-2
	48	25	逆止弁の損失水頭を 1.2m とする				※1.20	
	48	25	メーター		1.80	—	1.80	図IX-3-7
	48	25	止水栓		1.20	—	1.20	図IX-3-6
給水管 H~I 間	53	40	20	2.5	0.05	2.5	2.55	図IX-3-2
給水管 I~J 間	66	40	33	2.5	0.08	2.5	2.58	
給水管 J~K 間	76	40	40	8.0	0.32	0.5	0.82	
	76	40	メーター			0.80	—	0.80 図IX-3-7
	76	40	止水栓の損失水頭を 0.5m とする				※0.50	
	76	40	分水栓の損失水頭を 0.8m とする				※0.80	
※ $48\ell/\text{min} = 0.8\ell/\text{s}, 53\ell/\text{min} = 0.88\ell/\text{s}, 66\ell/\text{min} = 1.1\ell/\text{s}, 76\ell/\text{min} = 1.27\ell/\text{s}$						計	12.49	

※ 逆止弁、止水栓、分水栓の所要水頭は、製造会社の資料による。

$$\text{全所要水頭} = 3.26\text{m} + 12.49\text{m} = 15.75\text{m}$$

$$\text{よって、} 15.75\text{m} = 1.575 \text{ kgf/cm}^2, 1.575 \times 0.098 \text{ MPa} = 0.154 \text{ MPa} < 0.2 \text{ MPa}$$

であるので、仮定口径どおりの口径で適当である。

5 直結式（多分岐給水装置）の口径決定

(1) 計算条件

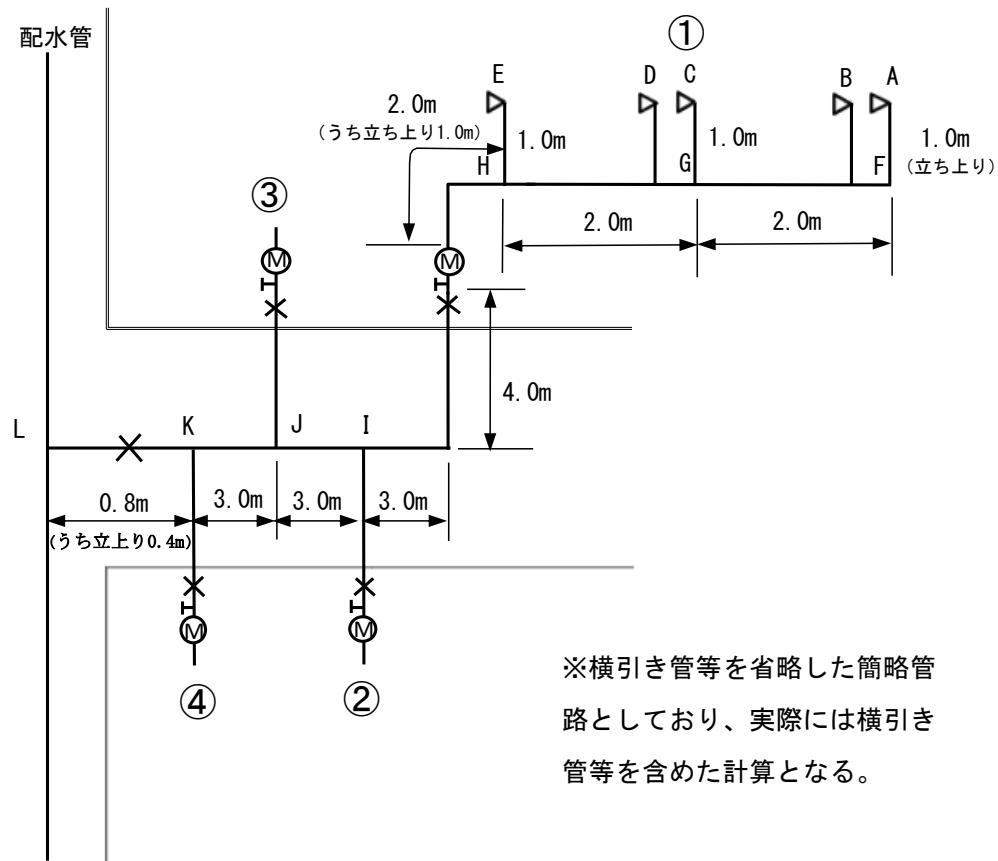
計算条件は次のとおりにする。

配水管の水圧 0.2 MPa

各戸の給水栓数 5 枠

給水高さ 2.4m

給水用具名
A 大便器（洗浄水槽）
B 手洗器
C 浴槽（和式）
D 洗面器
E 台所流し



図IX-3-20

（2）計画使用水量の算出

1戸当たりの計画使用水量は、(1) 直結式(一般住宅)と同様を行い、同時使用戸数は、「第IV章 表IV-4-5 給水戸数と同時使用率」により算出する。

給水用具名	給水栓口径	同時使用の有無	計画使用水量
A 大便器（洗浄水槽）	13mm	使用	12ℓ/min
B 手洗器	13mm	—	
C 浴槽（和式）	13mm	使用	20ℓ/min
D 洗面器	13mm	—	
E 台所流し	13mm	使用	12ℓ/min
		計	44ℓ/min

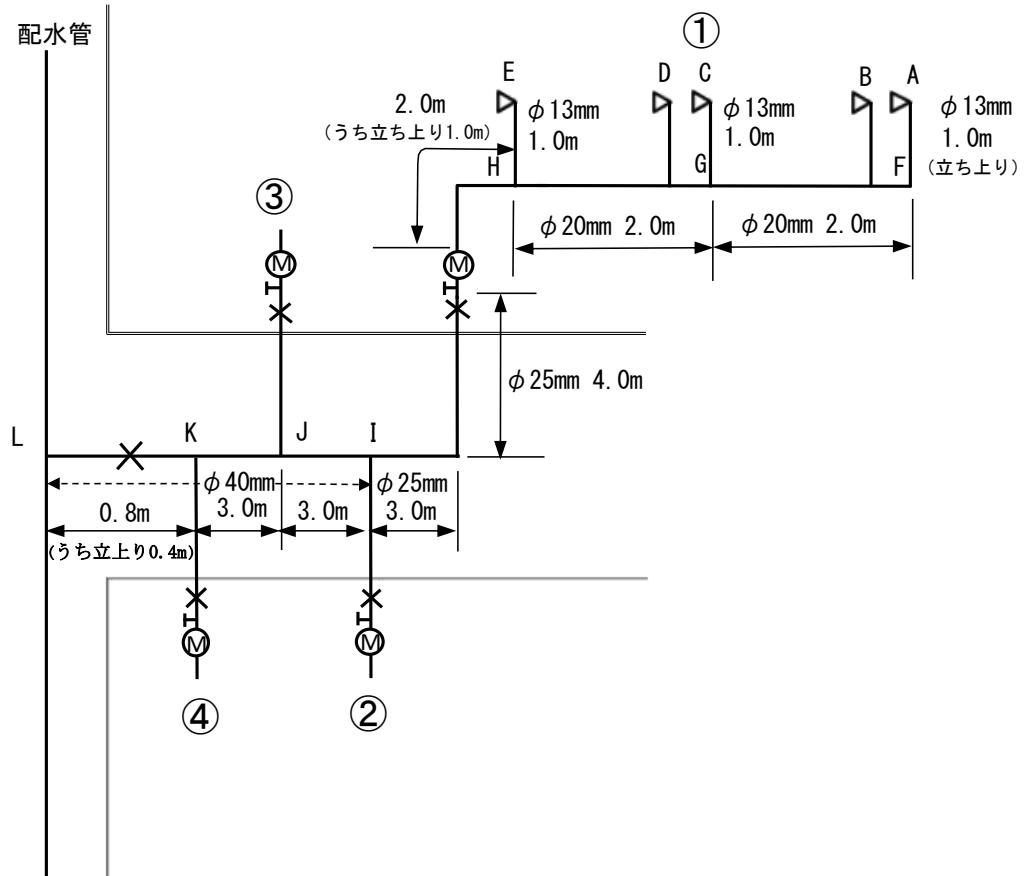
また、同時使用戸数は、

$$4 \text{ 戸} \times 90/100 = 3.6 \text{ 戸}$$

よって、4戸全部を同時に使用するものとする。

(3) 口径の仮定

各区間の口径を次図のように仮定する。



図IX-3-21

(4) 口径決定計算

区間	流量 ℓ/min	仮定 口径 mm	動水勾配 %	延長 m	損失水頭 m $\text{③} = \text{①} \times \text{②} / 1000$	立上げ 高さ m ④	所要水頭 m ⑤ = ③ + ④	備考
給水栓 A	12	13	給水用具の損失水頭		0.80	—	0.80	図IX-3-6
給水管 A~F 間	12	13	230	1.0	0.23	1.0	1.23	図IX-3-2
給水管 F~G 間	12	20	36	2.0	0.07	—	0.07	
※ $12\ell/min = 0.2\ell/s$					計		2.10	

給水栓 C	20	13	給水用具の損失水頭		2.10	—	2.10	図IX-3-6
給水管 C~G 間	20	13	600	1.0	0.60	1.0	1.60	図IX-3-2
※ $20\ell/min = 0.33\ell/s$					計		3.70	

A~G 間の所要水頭 $2.10\text{m} < C\sim G$ 間の所要水頭 3.70m 。よって G 点の所要水頭は、 3.70m となる。

区間	流量 ℓ/min	仮定 口径 mm	動水勾配 ‰ ①	延長 m ②	損失水頭 m ③=①×②/1000	立上げ 高さm ④	所要水頭 m ⑤=③+④	備考
給水管G～H間	32	20		180	2.0		0.36	図IX-3-2

※ $32\ell/\text{min} = 0.53\ell/\text{s}$

給水栓E	12	13	給水用具の損失水頭		0.80	—	0.80	図IX-3-6
給水管E～H間	12	13		230	1.0		0.23	1.0
※ $20\ell/\text{min} = 0.33\ell/\text{s}$						計	2.03	

G～H 間の所要水頭 $3.70\text{m} + 0.36\text{m} = 4.06\text{m} > \text{E} \sim \text{H}$ 間の所要水頭 2.03m 。よって H 点の所要水頭は、 4.06m となる。

給水管H～I間	44	25	120	9.0	1.08	1.0	2.08	図IX-3-2
	44	25	メーター		1.80	—	1.80	図IX-3-7
	44	25	止水栓		1.00	—	1.00	図IX-3-6
給水管I～J間	88	40	45	3.0	0.14	—	0.14	
給水管J～K間	132	40	100	3.0	0.30	—	0.30	図IX-3-2
給水管K～L間	176	40	170	0.8	0.14	0.4	0.54	
	176	40	止水栓の損失水頭を0.5mとする				※0.50	
	176	40	分水栓の損失水頭を0.8mとする				※0.80	
※ $440/\text{min} = 0.73\ell/\text{s}$ $880/\text{min} = 1.47\ell/\text{s}$						計	7.16	

$132\ell/\text{min} = 2.20\text{m}$ $176\ell/\text{min} = 2.930\text{m}$

※逆止弁、止水栓、分水栓の所要水頭は、製造会社の資料による。

全所要水頭 $= 4.06\text{m} + 7.16\text{m} = 11.22\text{m}$

よって $11.22\text{m} = 1.122\text{kgf/cm}^2$ 、 $1.122 \times 0.098\text{MPa} = 0.110\text{MPa} < 0.2\text{MPa}$ であるので、仮定どおりの口径で適當である。

6 貯水槽式

(1) 計算条件

計算条件は、次のとおりとする。(図IX-3-22)

集合住宅 (マンション)

2LDK 20戸

3LDK 30戸

使用人員

2LDK 3.5人

3LDK 4.0人

使用水量

$200\ell/\text{人/日}$

配水管の水圧 0.2MPa

給水高さ 4.5m

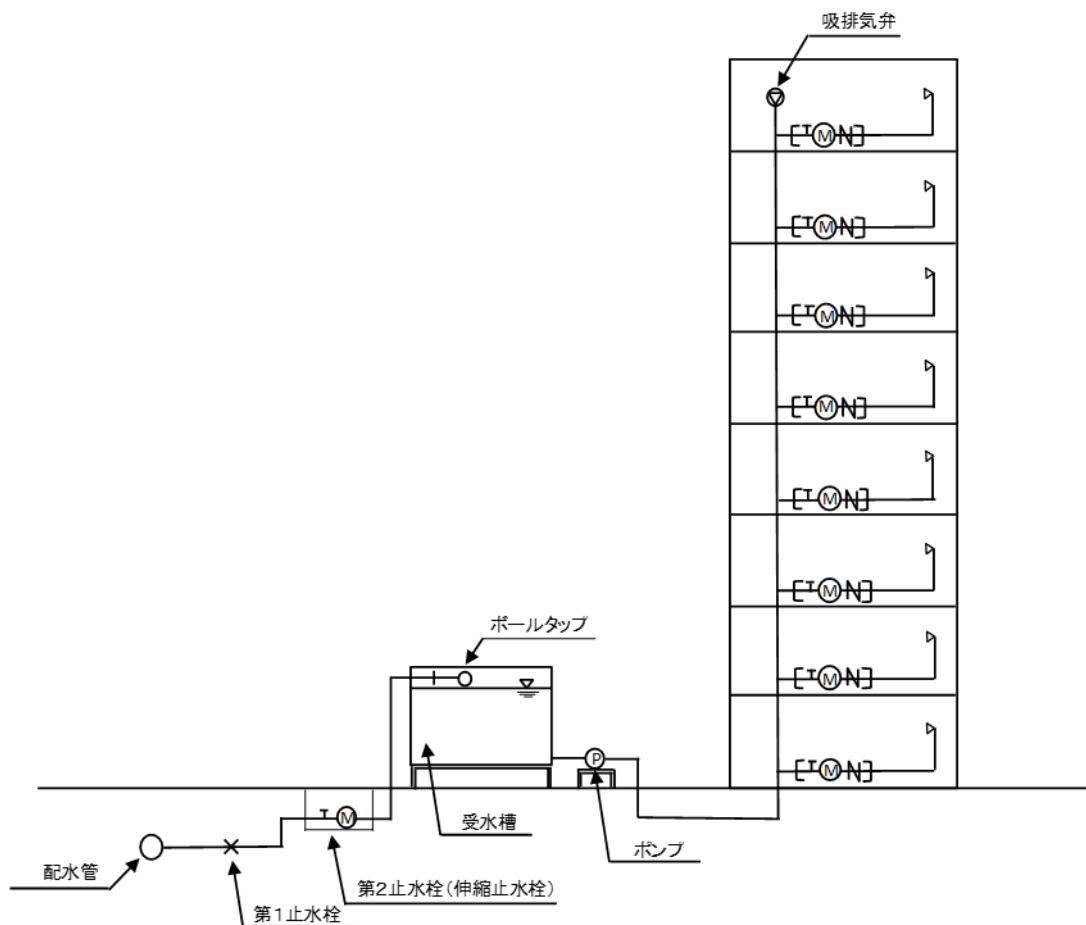
給水管延長 15m

損失水頭

止水栓 (40mm) 0.5m とする

ボールタップ (40mm) 10m とする

割T字 (40mm) 0.8m とする



図IX-3-22

(2) 口径決定計算

① 計画 1 日使用水量 $3.5 \text{ 人} \times 20 \text{ 戸} \times 200\ell/\text{人}/\text{日} = 14,000\ell/\text{日}$

$$4.0 \text{ 人} \times 30 \text{ 戸} \times 200\ell/\text{人}/\text{日} = 24,000\ell/\text{日}$$

$$14,000\ell/\text{日} + 24,000\ell/\text{日} = 38,000\ell/\text{日}$$

② 貯水槽容量 計画 1 日使用水量の 1/2 とする。

$$38,000\ell/\text{日} \div 2 = 19,000\ell/\text{日} \text{ よって } 19\text{m}^3$$

とする。

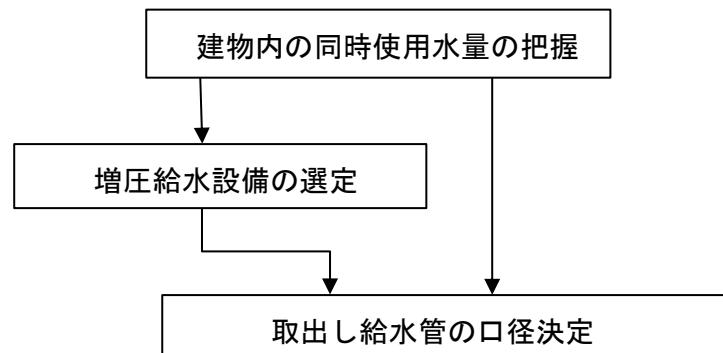
- ③ 平均使用水量 1日使用時間を10時間とする。
 $38,000\ell/\text{日} \div 10 = 3,800\ell/\text{h} = 1.1\ell/\text{s}$
- ④ 仮定口径 メーターの適正使用流量範囲等を考慮して40mmとする。
- ⑤ 損失水頭 メーター: 0.8m (図IX-3-7より)
 止水栓: 0.5m
 ポールタップ: 10m
 分水栓: 0.8m
 給水管: $35\% \times 15\text{m} = 0.525\text{m}$ (図IX-3-2より)
- ⑥ 給水高さ 4.5m
- ⑦ 所要水頭 $0.8 + 0.5 + 10 + 0.8 + 0.525 + 4.5 = 17.13\text{m}$
 よって、 $17.13\text{m} = 1.713\text{kgf/cm}^2$ 、 $1.713 \times 0.098\text{MPa} = 0.168\text{MPa} < 0.2\text{MPa}$ であるので、仮定どおりの口径で適当である。

7 直結増圧式給水

(1) 増圧給水方式における口径決定

直結増圧式給水の場合には、増圧給水設備や取り出し給水管の給水能力が、建物内の使用水量の変動と直接的に影響し合うことから、口径の決定に当たっては、使用実態に沿った同時使用水量を的確に把握する必要がある。

直結増圧式給水における口径決定の手順は、始めに建物内の同時使用水量を把握し、その水量を給水できる性能を有する増圧給水設備を選定し、さらにその水量に応じた取り出し給水管の口径を決定することとなる。 (図IX-3-23)



図IX-3-23 直結増圧式給水における口径決定の手順

(2) 瞬時最大使用水量の把握

瞬時最大使用水量を求めるには、「第IV章 4 給水管口径の決定」の表IV-4-1～表IV-4-5 から算定する方法や表IV-4-7 「建物種別単位給水量・使用水量・人数」を参考とする方法がある。

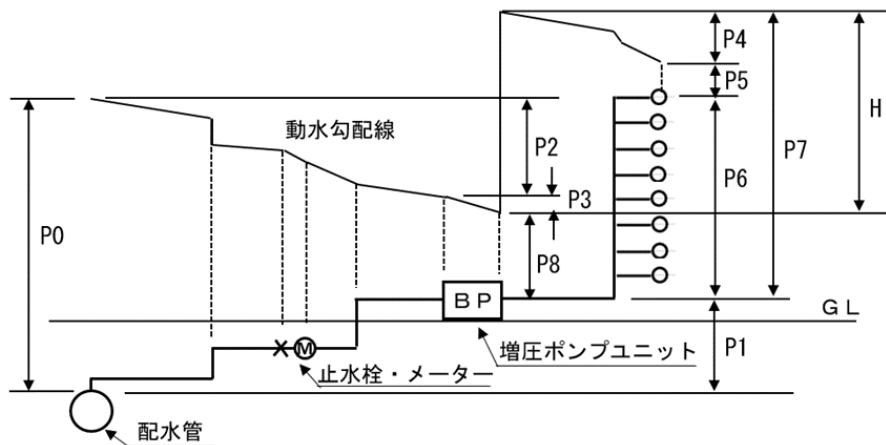
(3) 増圧給水設備の吐水圧の設定

直結増圧式給水は、配水管の水圧では給水できない中高層建物において、末端最

高位の給水用具を使用するために必要な圧力を増圧給水設備により補い、これを使用できるようにするものである。

ここで、増圧給水設備の吐水圧は、末端最高位の給水用具を使用するために必要な圧力を確保できるように設定する。

すなわち、増圧給水設備の下流側の給水管及び給水用具の圧力損失、末端最高位の給水用具を使用するために必要な圧力、及び増圧給水設備と末端最高位の給水用具との高低差の合計が、増圧給水設備の吐水圧の設定値である。



IX-3-24 直結増圧式給水における動水勾配図

P0 : 配水管の水圧

P1 : 配水管と直結加圧形ポンプユニットとの高低差

P2 : 直結加圧形ポンプユニットの上流側の給水管及び給水用具の圧力損失

P3 : 直結加圧形ポンプユニットの圧力損失

P4 : 直結加圧形ポンプユニットの下流側の給水管及び給水用具の圧力損失

P5 : 末端最高位の給水用具を使用するために必要な圧力

P6 : 直結加圧形ポンプユニットと末端最高位の給水用具との高低差

P7 : 直結加圧形ポンプユニットの吐水圧

P8 : 直結加圧形ポンプユニットの加圧ポンプの全揚程

ここで、直結加圧形ポンプユニットの吐水圧 (P7) 、加圧ポンプの全揚程 (P8) 次式により算出される。

$$P7 = P4 + P5 + P6$$

$$P8 = P7 - \{P0 - (P1 + P2 + P3)\} = P1 + P2 + P3 + P4 + P5 + P6 - P0$$

3.4 流量表

流量表は、それぞれの口径、水頭、管延長に応じる流量を示したもので、これにより、給水管の流量を容易に求めることができる。

次に示す流量表は、管径 50mm 以下についてはウェストン公式、管径 75mm 以上について

ではヘーゼン・ウイリアムス公式により算出したものである。

なお、線で区切った左下は管内流速が 3.1m/s 以上となる。(水道管内平均流速の許容限度 3.0m/s を超える流速として設定)

1 管径 13mm～50mm の算出式

ウェストン公式

$$H = \left(0.0126 + \frac{0.01739 - 0.1087D}{\sqrt{v}} \right) \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{v^2}{2g} \quad (\text{m-s 単位})$$

これは、内面が滑らかな給水管に適用される。

2 管径 75mm～150mm の算出式

ヘーゼン・ウイリアムス公式

$$H = 10.666 \times \frac{L \times Q^{1.85}}{C^{1.85} \times D^{4.87}}$$

<表の使い方>

管径 D=13mm、水頭 H=10m、管延長 L=30m のとき流量 Q を求める。

なお、流速係数 C は 130 としているため、表の使用に当たっては、留意すること。

		D=13mm	Q=(ℓ/s)	
L (m)				
H (m)	P (MPa)			
1	0.0098			30
·	·			·
·	·			·
·	·			·
·	·			·
10	0.098	→	0.065	
·	·			0.249
·	·			

図IX-3-25

図IX-3-25 に示すように、口径 D=13mm の表を使用し、L=30m、H=10m の欄より流量 Q=0.249ℓ/s を得る。

WESTON D = 1 3 Q = $(\ell \swarrow S)$

H (m)	P (MPa)	L (m)													
		5.	10.	15.	20.	25.	30.	35.	40.	50.	60.	70.	80.	90.	100.
1	0.0098	0.186	0.124	0.098	0.083	0.073	0.065	0.059	0.055	0.048	0.043	0.039	0.036	0.034	0.032
2	0.0196	0.276	0.186	0.147	0.124	0.109	0.098	0.090	0.083	0.073	0.065	0.059	0.055	0.051	0.048
3	0.0294	0.347	0.234	0.186	0.157	0.138	0.124	0.114	0.105	0.092	0.083	0.076	0.065	0.065	0.061
4	0.0392	0.407	0.276	0.219	0.186	0.163	0.147	0.134	0.124	0.109	0.098	0.090	0.077	0.077	0.073
5	0.0490	0.461	0.313	0.249	0.211	0.186	0.167	0.153	0.142	0.124	0.112	0.102	0.088	0.088	0.083
6	0.0588	0.510	0.347	0.276	0.234	0.206	0.186	0.170	0.157	0.138	0.124	0.114	0.098	0.098	0.092
7	0.0686	0.556	0.378	0.301	0.256	0.225	0.203	0.186	0.172	0.151	0.136	0.124	0.107	0.107	0.101
8	0.0785	0.598	0.407	0.324	0.276	0.243	0.219	0.200	0.186	0.163	0.147	0.134	0.116	0.116	0.109
9	0.0883	0.638	0.435	0.347	0.295	0.260	0.234	0.214	0.199	0.175	0.157	0.144	0.124	0.124	0.117
10	0.098	0.676	0.461	0.368	0.313	0.276	0.249	0.228	0.211	0.186	0.167	0.153	0.132	0.132	0.124
11	0.108	0.712	0.486	0.388	0.330	0.291	0.262	0.240	0.223	0.196	0.177	0.162	0.140	0.140	0.131
12	0.118	0.747	0.510	0.407	0.347	0.305	0.276	0.253	0.234	0.206	0.186	0.170	0.147	0.147	0.138
13	0.127	0.781	0.533	0.426	0.362	0.320	0.288	0.264	0.245	0.216	0.194	0.178	0.154	0.154	0.145
14	0.137	0.813	0.556	0.444	0.378	0.333	0.301	0.276	0.256	0.225	0.203	0.186	0.161	0.161	0.151
15	0.147	0.844	0.577	0.461	0.393	0.347	0.313	0.287	0.266	0.234	0.211	0.193	0.167	0.167	0.157
16	0.157	0.874	0.598	0.478	0.407	0.359	0.324	0.297	0.276	0.243	0.219	0.200	0.174	0.174	0.163
17	0.167	0.904	0.618	0.494	0.421	0.372	0.336	0.308	0.285	0.251	0.227	0.208	0.180	0.180	0.169
18	0.177	0.932	0.638	0.510	0.435	0.384	0.347	0.318	0.295	0.260	0.234	0.214	0.186	0.186	0.175
19	0.186	0.960	0.657	0.526	0.448	0.396	0.357	0.328	0.304	0.268	0.241	0.221	0.192	0.192	0.180
20	0.196	0.987	0.676	0.541	0.461	0.407	0.368	0.337	0.313	0.276	0.249	0.228	0.197	0.197	0.186
21	0.206	1.014	0.694	0.556	0.474	0.418	0.378	0.347	0.321	0.283	0.256	0.234	0.203	0.203	0.191
22	0.216	1.040	0.712	0.570	0.486	0.429	0.388	0.356	0.330	0.291	0.262	0.240	0.208	0.208	0.196
23	0.226	1.065	0.730	0.584	0.498	0.440	0.398	0.365	0.338	0.298	0.269	0.247	0.214	0.214	0.201
24	0.235	1.090	0.747	0.598	0.510	0.451	0.407	0.373	0.347	0.306	0.276	0.253	0.219	0.219	0.206
25	0.245	1.114	0.764	0.612	0.522	0.461	0.416	0.382	0.355	0.313	0.282	0.259	0.224	0.224	0.211
26	0.255	1.138	0.781	0.625	0.533	0.471	0.426	0.391	0.362	0.320	0.288	0.264	0.229	0.229	0.216
27	0.265	1.161	0.797	0.638	0.544	0.481	0.435	0.399	0.370	0.327	0.295	0.270	0.234	0.234	0.221
28	0.275	1.184	0.813	0.651	0.556	0.491	0.444	0.407	0.378	0.333	0.301	0.276	0.239	0.239	0.225
29	0.284	1.207	0.829	0.664	0.566	0.501	0.452	0.415	0.385	0.340	0.307	0.281	0.244	0.244	0.230
30	0.294	1.229	0.844	0.676	0.577	0.510	0.461	0.423	0.393	0.347	0.313	0.287	0.249	0.249	0.234

W E S T O N D = 2 0 Q = ($\ell \diagup S$)

H (m)	P (MPa)	L (m)													
		5.	10.	15.	20.	25.	30.	35.	40.	50.	60.	70.	80.	90.	100.
1	0.0098	0.570	0.384	0.304	0.257	0.225	0.203	0.185	0.171	0.150	0.134	0.123	0.113	0.105	0.099
2	0.0196	0.842	0.570	0.452	0.384	0.337	0.304	0.278	0.257	0.225	0.203	0.185	0.171	0.159	0.150
3	0.0294	1.055	0.716	0.570	0.484	0.426	0.384	0.351	0.325	0.286	0.257	0.235	0.217	0.203	0.190
4	0.0392	1.237	0.842	0.670	0.570	0.502	0.452	0.414	0.384	0.337	0.304	0.278	0.257	0.240	0.225
5	0.0490	1.399	0.953	0.760	0.646	0.570	0.514	0.471	0.436	0.384	0.345	0.316	0.292	0.273	0.257
6	0.0588	1.546	1.055	0.842	0.716	0.632	0.570	0.522	0.484	0.426	0.384	0.351	0.325	0.304	0.286
7	0.0686	1.682	1.149	0.917	0.781	0.689	0.622	0.570	0.528	0.465	0.419	0.384	0.355	0.332	0.312
8	0.0785	1.810	1.237	0.988	0.842	0.743	0.670	0.615	0.570	0.502	0.452	0.414	0.384	0.358	0.337
9	0.0883	1.930	1.320	1.055	0.899	0.794	0.716	0.657	0.609	0.537	0.484	0.443	0.410	0.384	0.361
10	0.098	2.043	1.399	1.119	0.953	0.842	0.760	0.697	0.646	0.570	0.514	0.471	0.436	0.408	0.384
11	0.108	2.152	1.474	1.179	1.005	0.888	0.802	0.735	0.682	0.601	0.542	0.497	0.460	0.430	0.405
12	0.118	2.256	1.546	1.237	1.055	0.932	0.842	0.772	0.716	0.632	0.570	0.522	0.484	0.452	0.426
13	0.127	2.356	1.616	1.293	1.103	0.974	0.880	0.808	0.749	0.661	0.596	0.546	0.506	0.474	0.446
14	0.137	2.452	1.682	1.347	1.149	1.015	0.917	0.842	0.781	0.689	0.622	0.570	0.528	0.494	0.465
15	0.147	2.545	1.747	1.399	1.194	1.055	0.953	0.875	0.812	0.716	0.646	0.593	0.549	0.514	0.484
16	0.157	2.636	1.810	1.449	1.237	1.094	0.988	0.907	0.842	0.743	0.670	0.615	0.570	0.533	0.502
17	0.167	2.723	1.870	1.499	1.279	1.131	1.022	0.938	0.871	0.769	0.694	0.636	0.590	0.552	0.520
18	0.177	2.808	1.930	1.546	1.320	1.167	1.055	0.968	0.899	0.794	0.716	0.650	0.609	0.570	0.537
19	0.186	2.891	1.987	1.593	1.360	1.203	1.087	0.998	0.927	0.818	0.738	0.677	0.628	0.588	0.553
20	0.196	2.972	2.043	1.638	1.399	1.237	1.119	1.027	0.953	0.842	0.760	0.697	0.646	0.605	0.570
21	0.206	3.051	2.098	1.682	1.437	1.271	1.149	1.055	0.980	0.865	0.781	0.716	0.664	0.622	0.586
22	0.216	3.128	2.152	1.726	1.474	1.304	1.179	1.083	1.005	0.888	0.802	0.735	0.682	0.638	0.601
23	0.226	3.204	2.205	1.768	1.511	1.336	1.208	1.110	1.030	0.910	0.822	0.754	0.699	0.655	0.617
24	0.235	3.278	2.256	1.810	1.546	1.368	1.237	1.136	1.055	0.932	0.842	0.772	0.716	0.670	0.632
25	0.245	3.351	2.306	1.850	1.581	1.399	1.265	1.162	1.079	0.953	0.861	0.790	0.733	0.686	0.646
26	0.255	3.422	2.356	1.890	1.616	1.429	1.293	1.188	1.103	0.974	0.880	0.808	0.749	0.701	0.661
27	0.265	3.492	2.405	1.930	1.649	1.459	1.320	1.213	1.126	0.995	0.899	0.825	0.765	0.716	0.675
28	0.275	3.560	2.452	1.968	1.682	1.489	1.347	1.237	1.149	1.015	0.917	0.842	0.781	0.731	0.689
29	0.284	3.628	2.499	2.006	1.715	1.518	1.373	1.261	1.172	1.035	0.936	0.858	0.797	0.746	0.703
30	0.294	3.694	2.545	2.043	1.747	1.546	1.399	1.285	1.194	1.055	0.953	0.875	0.812	0.760	0.716

W E S T O N D = 2 5 Q = (ℓ / S)

H (m)	P (MPa)	L (m)													
		5.	10.	15.	20.	25.	30.	35.	40.	50.	60.	70.	80.	90.	100.
1	0.0098	1.020	0.688	0.546	0.462	0.406	0.365	0.334	0.309	0.271	0.243	0.222	0.205	0.191	0.179
2	0.0196	1.502	1.020	0.811	0.688	0.606	0.546	0.499	0.462	0.406	0.365	0.334	0.309	0.288	0.271
3	0.0294	1.880	1.280	1.020	0.867	0.764	0.688	0.630	0.584	0.514	0.462	0.423	0.391	0.365	0.343
4	0.0392	2.202	1.502	1.198	1.020	0.899	0.811	0.743	0.688	0.606	0.546	0.499	0.462	0.432	0.406
5	0.0490	2.488	1.700	1.357	1.156	1.020	0.920	0.843	0.782	0.688	0.620	0.568	0.526	0.491	0.462
6	0.0588	2.748	1.880	1.502	1.280	1.129	1.020	0.935	0.867	0.764	0.688	0.630	0.584	0.546	0.514
7	0.0686	2.988	2.046	1.636	1.394	1.231	1.112	1.020	0.946	0.834	0.752	0.688	0.638	0.596	0.561
8	0.0785	3.213	2.202	1.761	1.502	1.327	1.198	1.099	1.020	0.899	0.811	0.743	0.688	0.644	0.606
9	0.0883	3.425	2.348	1.880	1.603	1.416	1.280	1.174	1.089	0.961	0.867	0.794	0.736	0.688	0.648
10	0.098	3.625	2.488	1.992	1.700	1.502	1.357	1.245	1.156	1.020	0.920	0.843	0.782	0.731	0.688
11	0.108	3.817	2.621	2.099	1.792	1.583	1.431	1.313	1.219	1.076	0.971	0.890	0.825	0.772	0.727
12	0.118	4.000	2.748	2.202	1.880	1.662	1.502	1.379	1.280	1.129	1.020	0.935	0.867	0.811	0.764
13	0.127	4.176	2.870	2.300	1.964	1.737	1.570	1.441	1.338	1.181	1.066	0.978	0.907	0.848	0.799
14	0.137	4.346	2.988	2.396	2.046	1.809	1.636	1.502	1.394	1.231	1.112	1.020	0.946	0.885	0.834
15	0.147	4.510	3.102	2.488	2.125	1.880	1.700	1.561	1.449	1.280	1.156	1.060	0.983	0.920	0.867
16	0.157	4.669	3.213	2.577	2.202	1.948	1.761	1.617	1.502	1.327	1.198	1.099	1.020	0.954	0.899
17	0.167	4.824	3.320	2.664	2.276	2.014	1.821	1.673	1.553	1.372	1.239	1.137	1.055	0.987	0.930
18	0.177	4.974	3.425	2.748	2.348	2.078	1.880	1.726	1.603	1.416	1.280	1.174	1.089	1.020	0.961
19	0.186	5.120	3.526	2.830	2.419	2.141	1.936	1.779	1.652	1.460	1.319	1.210	1.123	1.051	0.990
20	0.196	5.262	3.625	2.910	2.488	2.202	1.992	1.830	1.700	1.502	1.357	1.245	1.156	1.082	1.020
21	0.206	5.402	3.722	2.988	2.555	2.261	2.046	1.880	1.746	1.543	1.394	1.280	1.188	1.112	1.048
22	0.216	5.538	3.817	3.065	2.621	2.320	2.099	1.928	1.792	1.583	1.431	1.313	1.219	1.141	1.076
23	0.226	5.671	3.910	3.140	2.685	2.377	2.151	1.976	1.836	1.623	1.467	1.346	1.250	1.170	1.103
24	0.235	5.801	4.000	3.213	2.748	2.433	2.202	2.023	1.880	1.662	1.502	1.379	1.280	1.198	1.129
25	0.245	5.929	4.089	3.285	2.810	2.488	2.252	2.069	1.922	1.700	1.536	1.410	1.309	1.226	1.156
26	0.255	6.054	4.176	3.355	2.870	2.542	2.300	2.114	1.964	1.737	1.570	1.441	1.338	1.253	1.181
27	0.265	6.177	4.262	3.425	2.930	2.595	2.348	2.158	2.006	1.773	1.603	1.472	1.366	1.280	1.206
28	0.275	6.298	4.346	3.493	2.988	2.647	2.396	2.202	2.046	1.809	1.636	1.502	1.394	1.306	1.231
29	0.284	6.416	4.429	3.560	3.046	2.698	2.442	2.244	2.086	1.845	1.668	1.531	1.422	1.332	1.256
30	0.294	6.533	4.510	3.625	3.102	2.748	2.488	2.287	2.125	1.880	1.700	1.561	1.449	1.357	1.280

W E S T O N D = 3 0 Q = (ℓ / S)

H (m)	P (MPa)	L (m)													
		5.	10.	15.	20.	25.	30.	35.	40.	50.	60.	70.	80.	90.	100.
1	0.0098	1.64	1.11	0.88	0.75	0.66	0.59	0.54	0.50	0.44	0.40	0.36	0.33	0.31	0.29
2	0.0196	2.41	1.64	1.31	1.11	0.98	0.88	0.81	0.75	0.66	0.59	0.54	0.50	0.47	0.44
3	0.0294	3.01	2.06	1.64	1.40	1.23	1.11	1.02	0.94	0.83	0.75	0.68	0.63	0.59	0.56
4	0.0392	3.53	2.41	1.93	1.64	1.45	1.31	1.20	1.11	0.98	0.88	0.81	0.75	0.70	0.66
5	0.0490	3.98	2.73	2.18	1.86	1.64	1.48	1.36	1.26	1.11	1.00	0.92	0.85	0.79	0.75
6	0.0588	4.40	3.01	2.41	2.06	1.82	1.64	1.51	1.40	1.23	1.11	1.02	0.94	0.88	0.83
7	0.0686	4.78	3.28	2.63	2.24	1.98	1.79	1.64	1.52	1.34	1.21	1.11	1.03	0.96	0.91
8	0.0785	5.14	3.53	2.83	2.41	2.13	1.93	1.77	1.64	1.45	1.31	1.20	1.11	1.04	0.98
9	0.0883	5.47	3.76	3.01	2.57	2.28	2.06	1.89	1.75	1.55	1.40	1.28	1.19	1.11	1.05
10	0.098	5.79	3.98	3.19	2.73	2.41	2.18	2.00	1.86	1.64	1.48	1.36	1.26	1.18	1.11
11	0.108	6.10	4.20	3.36	2.87	2.54	2.30	2.11	1.96	1.73	1.56	1.43	1.33	1.24	1.17
12	0.118	6.39	4.40	3.53	3.01	2.67	2.41	2.22	2.06	1.82	1.64	1.51	1.40	1.31	1.23
13	0.127	6.67	4.59	3.69	3.15	2.79	2.52	2.32	2.15	1.90	1.72	1.57	1.46	1.37	1.29
14	0.137	6.94	4.78	3.84	3.28	2.90	2.63	2.41	2.24	1.98	1.79	1.64	1.52	1.43	1.34
15	0.147	7.20	4.96	3.98	3.41	3.01	2.73	2.51	2.33	2.06	1.86	1.71	1.58	1.48	1.40
16	0.157	7.45	5.14	4.13	3.53	3.12	2.83	2.60	2.41	2.13	1.93	1.77	1.64	1.54	1.45
17	0.167	7.70	5.31	4.26	3.65	3.23	2.92	2.68	2.49	2.20	1.99	1.83	1.70	1.59	1.50
18	0.177	7.94	5.47	4.40	3.76	3.33	3.01	2.77	2.57	2.28	2.06	1.89	1.75	1.64	1.55
19	0.186	8.17	5.64	4.53	3.87	3.43	3.11	2.85	2.65	2.34	2.12	1.95	1.81	1.69	1.59
20	0.196	8.40	5.79	4.66	3.98	3.53	3.19	2.93	2.73	2.41	2.18	2.00	1.86	1.74	1.64
21	0.206	8.62	5.95	4.78	4.09	3.62	3.28	3.01	2.80	2.48	2.24	2.06	1.91	1.79	1.69
22	0.216	8.83	6.10	4.90	4.20	3.72	3.36	3.09	2.87	2.54	2.30	2.11	1.96	1.84	1.73
23	0.226	9.04	6.25	5.02	4.30	3.81	3.45	3.17	2.94	2.61	2.36	2.16	2.01	1.88	1.77
24	0.235	9.25	6.39	5.14	4.40	3.90	3.53	3.24	3.01	2.67	2.41	2.22	2.06	1.93	1.82
25	0.245	9.45	6.53	5.25	4.50	3.98	3.61	3.32	3.08	2.73	2.47	2.27	2.10	1.97	1.86
26	0.255	9.65	6.67	5.36	4.59	4.07	3.69	3.39	3.15	2.79	2.52	2.32	2.15	2.01	1.90
27	0.265	9.85	6.81	5.47	4.69	4.15	3.76	3.46	3.22	2.85	2.57	2.36	2.20	2.06	1.94
28	0.275	10.04	6.94	5.58	4.78	4.24	3.84	3.53	3.28	2.90	2.63	2.41	2.24	2.10	1.98
29	0.284	10.23	7.07	5.69	4.87	4.32	3.91	3.60	3.34	2.96	2.68	2.46	2.28	2.14	2.02
30	0.294	10.41	7.20	5.79	4.96	4.40	3.98	3.66	3.41	3.01	2.73	2.51	2.33	2.18	2.06

WESTON D = 4.0 Q = (ℓ/s)

H (m)	P (MPa)	L (m)													
		5.	10.	15.	20.	25.	30.	35.	40.	50.	60.	70.	80.	90.	100.
1	0.0098	3.49	2.37	1.89	1.60	1.41	1.27	1.17	1.08	0.95	0.85	0.78	0.72	0.67	0.63
2	0.0196	5.10	3.49	2.78	2.37	2.09	1.89	1.73	1.60	1.41	1.27	1.17	1.08	1.01	0.95
3	0.0294	6.36	4.36	3.49	2.97	2.62	2.37	2.17	2.02	1.78	1.60	1.47	1.36	1.27	1.20
4	0.0392	7.43	5.10	4.09	3.49	3.08	2.78	2.55	2.37	2.09	1.89	1.73	1.60	1.50	1.41
5	0.0490	8.38	5.76	4.62	3.94	3.49	3.15	2.89	2.69	2.37	2.14	1.96	1.82	1.70	1.60
6	0.0588	9.25	6.36	5.10	4.36	3.85	3.49	3.20	2.97	2.62	2.37	2.17	2.02	1.89	1.78
7	0.0686	10.04	6.92	5.55	4.74	4.20	3.80	3.49	3.24	2.86	2.58	2.37	2.20	2.06	1.94
8	0.0785	10.79	7.43	5.97	5.10	4.52	4.09	3.75	3.49	3.08	2.78	2.55	2.37	2.22	2.09
9	0.0883	11.49	7.92	6.36	5.44	4.82	4.36	4.00	3.72	3.29	2.97	2.73	2.53	2.37	2.23
10	0.098	12.15	8.38	6.74	5.76	5.10	4.62	4.24	3.94	3.49	3.15	2.89	2.69	2.51	2.37
11	0.108	12.79	8.82	7.09	6.07	5.37	4.86	4.47	4.15	3.67	3.32	3.05	2.83	2.65	2.50
12	0.118	13.39	9.25	7.43	6.36	5.63	5.10	4.69	4.36	3.85	3.49	3.20	2.97	2.78	2.62
13	0.127	13.97	9.65	7.76	6.64	5.89	5.33	4.90	4.55	4.03	3.64	3.35	3.11	2.91	2.74
14	0.137	14.54	10.04	8.08	6.92	6.13	5.55	5.10	4.74	4.20	3.80	3.49	3.24	3.03	2.86
15	0.147	15.08	10.42	8.38	7.18	6.36	5.76	5.30	4.92	4.36	3.94	3.62	3.36	3.15	2.97
16	0.157	15.60	10.79	8.68	7.43	6.59	5.97	5.49	5.10	4.52	4.09	3.75	3.49	3.27	3.08
17	0.167	16.11	11.14	8.97	7.68	6.81	6.17	5.67	5.27	4.67	4.22	3.88	3.60	3.38	3.19
18	0.177	16.61	11.49	9.25	7.92	7.02	6.36	5.85	5.44	4.82	4.36	4.00	3.72	3.49	3.29
19	0.186	17.09	11.83	9.52	8.16	7.23	6.55	6.02	5.60	4.96	4.49	4.13	3.83	3.59	3.39
20	0.196	17.56	12.15	9.78	8.38	7.43	6.74	6.20	5.76	5.10	4.62	4.24	3.94	3.69	3.49
21	0.206	18.02	12.47	10.04	8.61	7.63	6.92	6.36	5.92	5.24	4.74	4.36	4.05	3.80	3.58
22	0.216	18.46	12.79	10.30	8.82	7.83	7.09	6.52	6.07	5.37	4.86	4.47	4.15	3.89	3.67
23	0.226	18.90	13.09	10.55	9.04	8.02	7.26	6.68	6.22	5.51	4.98	4.58	4.26	3.99	3.77
24	0.235	19.33	13.39	10.79	9.25	8.20	7.43	6.84	6.36	5.63	5.10	4.69	4.36	4.09	3.85
25	0.245	19.75	13.69	11.03	9.45	8.38	7.60	6.99	6.50	5.76	5.22	4.80	4.46	4.18	3.94
26	0.255	20.16	13.97	11.26	9.65	8.56	7.76	7.14	6.64	5.89	5.33	4.90	4.55	4.27	4.03
27	0.265	20.57	14.26	11.49	9.85	8.74	7.92	7.29	6.78	6.01	5.44	5.00	4.65	4.36	4.11
28	0.275	20.97	14.54	11.71	10.04	8.91	8.08	7.43	6.92	6.13	5.55	5.10	4.74	4.45	4.20
29	0.284	21.36	14.81	11.94	10.23	9.08	8.23	7.58	7.05	6.25	5.66	5.20	4.83	4.53	4.28
30	0.294	21.74	15.08	12.15	10.42	9.25	8.38	7.72	7.18	6.36	5.76	5.30	4.92	4.62	4.36

W E S T O N D = 5 0 Q = (ℓ / S)

H (m)	P (MPa)	L (m)													
		5.	10.	15.	20.	25.	30.	35.	40.	50.	60.	70.	80.	90.	100.
1	0.0098	6.27	4.28	3.42	2.91	2.56	2.31	2.12	1.97	1.73	1.56	1.43	1.32	1.23	1.16
2	0.0196	9.14	6.27	5.02	4.28	3.78	3.42	3.13	2.91	2.56	2.31	2.12	1.97	1.84	1.73
3	0.0294	11.37	7.82	6.27	5.35	4.73	4.28	3.93	3.65	3.22	2.91	2.67	2.47	2.31	2.18
4	0.0392	13.27	9.14	7.33	6.27	5.55	5.02	4.61	4.28	3.78	3.42	3.13	2.91	2.72	2.56
5	0.0490	14.95	10.31	8.28	7.08	6.27	5.67	5.21	4.84	4.28	3.87	3.55	3.29	3.08	2.91
6	0.0588	16.48	11.37	9.14	7.82	6.92	6.27	5.76	5.35	4.73	4.28	3.93	3.65	3.42	3.22
7	0.0686	17.89	12.35	9.93	8.50	7.53	6.82	6.27	5.82	5.15	4.66	4.28	3.97	3.72	3.51
8	0.0785	19.20	13.27	10.67	9.14	8.10	7.33	6.74	6.27	5.55	5.02	4.61	4.28	4.01	3.78
9	0.0883	20.44	14.13	11.37	9.74	8.63	7.82	7.19	6.68	5.92	5.35	4.92	4.57	4.28	4.04
10	0.098	21.61	14.95	12.03	10.31	9.14	8.28	7.61	7.08	6.27	5.67	5.21	4.84	4.54	4.28
11	0.108	22.73	15.73	12.67	10.85	9.62	8.72	8.02	7.46	6.60	5.98	5.49	5.10	4.78	4.51
12	0.118	23.80	16.48	13.27	11.37	10.08	9.14	8.41	7.82	6.92	6.27	5.76	5.35	5.02	4.73
13	0.127	24.83	17.20	13.85	11.87	10.53	9.54	8.78	8.17	7.23	6.55	6.02	5.59	5.24	4.95
14	0.137	25.82	17.89	14.41	12.35	10.96	9.93	9.14	8.50	7.53	6.82	6.27	5.82	5.46	5.15
15	0.147	26.77	18.56	14.95	12.82	11.37	10.31	9.49	8.82	7.82	7.08	6.51	6.05	5.67	5.35
16	0.157	27.70	19.20	15.48	13.27	11.77	10.67	9.82	9.14	8.10	7.33	6.74	6.27	5.88	5.55
17	0.167	28.60	19.83	15.98	13.71	12.16	11.03	10.15	9.44	8.37	7.58	6.97	6.48	6.07	5.73
18	0.177	29.47	20.44	16.48	14.13	12.54	11.37	10.47	9.74	8.63	7.82	7.19	6.68	6.27	5.92
19	0.186	30.32	21.03	16.96	14.55	12.91	11.71	10.78	10.03	8.89	8.05	7.40	6.88	6.45	6.09
20	0.196	31.15	21.61	17.43	14.95	13.27	12.03	11.08	10.31	9.14	8.28	7.61	7.08	6.64	6.27
21	0.206	31.95	22.18	17.89	15.35	13.62	12.35	11.37	10.58	9.38	8.50	7.82	7.27	6.82	6.44
22	0.216	32.74	22.73	18.34	15.73	13.96	12.67	11.66	10.85	9.62	8.72	8.02	7.46	6.99	6.60
23	0.226	33.52	23.27	18.77	16.11	14.30	12.97	11.94	11.11	9.85	8.93	8.21	7.64	7.16	6.76
24	0.235	34.27	23.80	19.20	16.48	14.63	13.27	12.22	11.37	10.08	9.14	8.41	7.82	7.33	6.92
25	0.245	35.01	24.32	19.62	16.84	14.95	13.56	12.49	11.62	10.31	9.34	8.59	7.99	7.50	7.08
26	0.255	35.74	24.83	20.04	17.20	15.27	13.85	12.75	11.87	10.53	9.54	8.78	8.17	7.66	7.23
27	0.265	36.45	25.33	20.44	17.55	15.58	14.13	13.01	12.11	10.74	9.74	8.96	8.33	7.82	7.38
28	0.275	37.15	25.82	20.84	17.89	15.88	14.41	13.27	12.35	10.96	9.93	9.14	8.50	7.97	7.53
29	0.284	37.84	26.30	21.23	18.22	16.18	14.68	13.52	12.59	11.17	10.12	9.31	8.66	8.13	7.67
30	0.294	38.52	26.77	21.61	18.56	16.48	14.95	13.77	12.82	11.37	10.31	9.49	8.82	8.28	7.82

H A Z E N - W I L L I A M S

D = 7 5

 Q = (ℓ/s)

H (m)	P (MPa)	L (m)											
		20.	40.	60.	80.	100.	120.	140.	160.	180.	200.	250.	300.
1	0.0098	7.83	5.38	4.32	3.70	3.28	2.97	2.73	2.54	2.39	2.25	2.00	1.81
2	0.0196	11.39	7.83	6.29	5.38	4.77	4.32	3.98	3.70	3.47	3.28	2.91	2.63
3	0.0294	14.18	9.75	7.83	6.70	5.94	5.38	4.95	4.61	4.32	4.08	3.62	3.28
4	0.0392	16.56	11.39	9.15	7.83	6.94	6.29	5.79	5.38	5.05	4.77	4.23	3.83
5	0.0490	18.69	12.85	10.32	8.83	7.83	7.09	6.53	6.07	5.70	5.38	4.77	4.32
6	0.0588	20.62	14.18	11.39	9.75	8.64	7.83	7.20	6.70	6.29	5.94	5.26	4.77
7	0.0686	22.41	15.41	12.38	10.59	9.39	8.51	7.83	7.28	6.83	6.46	5.72	5.19
8	0.0785	24.09	16.56	13.30	11.39	10.09	9.15	8.41	7.83	7.35	6.94	6.15	5.57
9	0.0883	25.67	17.65	14.18	12.14	10.76	9.75	8.97	8.34	7.83	7.40	6.55	5.94
10	0.098	27.18	18.69	15.01	12.85	11.39	10.32	9.49	8.83	8.29	7.83	6.94	6.29
11	0.108	28.62	19.67	15.80	13.53	11.99	10.86	10.00	9.30	8.73	8.24	7.31	6.62
12	0.118	29.99	20.62	16.56	14.18	12.57	11.39	10.48	9.75	9.15	8.64	7.66	6.94
13	0.127	31.32	21.53	17.29	14.80	13.12	11.89	10.94	10.18	9.55	9.02	8.00	7.25
14	0.137	32.60	22.41	18.00	15.41	13.66	12.38	11.39	10.59	9.94	9.39	8.32	7.54
15	0.147	33.84	23.26	18.69	15.99	14.18	12.85	11.82	11.00	10.32	9.75	8.64	7.83
16	0.157	35.04	24.09	19.35	16.56	14.68	13.30	12.24	11.39	10.68	10.09	8.95	8.11
17	0.167	36.21	24.89	19.99	17.11	15.17	13.75	12.65	11.77	11.04	10.43	9.24	8.38
18	0.177	37.34	25.67	20.62	17.65	15.65	14.18	13.04	12.14	11.39	10.76	9.53	8.64
19	0.186	38.45	26.43	21.23	18.17	16.11	14.60	13.43	12.50	11.72	11.08	9.82	8.90
20	0.196	39.53	27.18	21.83	18.69	16.56	15.01	13.81	12.85	12.05	11.39	10.09	9.15
21	0.206	40.59	27.90	22.41	19.18	17.00	15.41	14.18	13.19	12.38	11.69	10.36	9.39
22	0.216	41.62	28.62	22.98	19.67	17.44	15.80	14.54	13.53	12.69	11.99	10.63	9.63
23	0.226	42.63	29.31	23.54	20.15	17.86	16.19	14.89	13.85	13.00	12.28	10.88	9.86
24	0.235	43.63	29.99	24.09	20.62	18.28	16.56	15.24	14.18	13.30	12.57	11.14	10.09
25	0.245	44.60	30.66	24.63	21.08	18.69	16.93	15.58	14.49	13.60	12.85	11.39	10.32
26	0.255	45.55	31.32	25.16	21.53	19.09	17.29	15.91	14.80	13.89	13.12	11.63	10.54
27	0.265	46.49	31.96	25.67	21.98	19.48	17.65	16.24	15.11	14.18	13.39	11.87	10.76
28	0.275	47.42	32.60	26.18	22.41	19.87	18.00	16.56	15.41	14.46	13.66	12.11	10.97
29	0.284	48.32	33.22	26.68	22.84	20.25	18.35	16.88	15.70	14.74	13.92	12.34	11.18
30	0.294	49.22	33.84	27.18	23.26	20.62	18.69	17.19	15.99	15.01	14.18	12.57	11.39

H A Z E N - W I L L I A M S

D = 1 0 0

 Q = (ℓ / S)

H (m)	P (MPa)	L (m)									
		20.	40.	60.	80.	100.	120.	140.	160.	180.	200.
1	0.0098	16.69	11.48	9.22	7.89	6.99	6.34	5.83	5.43	5.09	4.81
2	0.0196	24.28	16.69	13.41	11.48	10.17	9.22	8.48	7.89	7.40	6.99
3	0.0294	30.23	20.79	16.69	14.29	12.67	11.48	10.56	9.82	9.22	8.71
4	0.0392	35.32	24.28	19.50	16.69	14.80	13.41	12.34	11.48	10.77	10.17
5	0.0490	39.85	27.40	22.00	18.83	16.69	15.13	13.92	12.95	12.15	11.48
6	0.0588	43.97	30.23	24.28	20.79	18.42	16.69	15.36	14.29	13.41	12.67
7	0.0686	47.80	32.86	26.39	22.59	20.02	18.15	16.69	15.53	14.57	13.77
8	0.0785	51.37	35.32	28.37	24.28	21.52	19.50	17.94	16.69	15.66	14.80
9	0.0883	54.75	37.64	30.23	25.88	22.94	20.79	19.12	17.79	16.69	15.77
10	0.098	57.96	39.85	32.00	27.40	24.28	22.00	20.24	18.83	17.67	16.69
11	0.108	61.02	41.95	33.70	28.84	25.57	23.17	21.31	19.83	18.61	17.58
12	0.118	63.96	43.97	35.32	30.23	26.80	24.28	22.34	20.79	19.50	18.42
13	0.127	66.79	45.92	36.88	31.57	27.98	25.36	23.33	21.70	20.37	19.24
14	0.137	69.52	47.80	38.39	32.86	29.13	26.39	24.28	22.59	21.20	20.02
15	0.147	72.16	49.61	39.85	34.11	30.23	27.40	25.21	23.45	22.00	20.79
16	0.157	74.72	51.37	41.26	35.32	31.31	28.37	26.10	24.28	22.78	21.52
17	0.167	77.21	53.08	42.64	36.50	32.35	29.31	26.97	25.09	23.54	22.24
18	0.177	79.63	54.75	43.97	37.64	33.36	30.23	27.82	25.88	24.28	22.94
19	0.186	82.00	56.37	45.28	38.76	34.35	31.13	28.64	26.65	25.00	23.62
20	0.196	84.30	57.96	46.55	39.85	35.32	32.00	29.45	27.40	25.71	24.28
21	0.206	86.55	59.51	47.80	40.91	36.26	32.86	30.23	28.13	26.39	24.93
22	0.216	88.76	61.02	49.01	41.95	37.19	33.70	31.00	28.84	27.06	25.57
23	0.226	90.92	62.51	50.20	42.97	38.09	34.52	31.76	29.55	27.72	26.19
24	0.235	93.03	63.96	51.37	43.97	38.98	35.32	32.50	30.23	28.37	26.80
25	0.245	95.11	65.39	52.52	44.96	39.85	36.11	33.22	30.91	29.00	27.40
26	0.255	97.15	66.79	53.64	45.92	40.70	36.88	33.93	31.57	29.62	27.98
27	0.265	99.15	68.17	54.75	46.86	41.54	37.64	34.63	32.22	30.23	28.56
28	0.275	101.12	69.52	55.84	47.80	42.36	38.39	35.32	32.86	30.83	29.13
29	0.284	103.05	70.85	56.91	48.71	43.18	39.12	36.00	33.49	31.42	29.68
30	0.294	104.96	72.16	57.96	49.61	43.97	39.85	36.66	34.11	32.00	30.23
											26.80
											24.28

HAZEN-WILLIAMS D = 150 Q = (ℓ / S)

H (m)	P (MPa)	L (m)											
		20.	40.	60.	80.	100.	120.	140.	160.	180.	200.	250.	300.
1	0.0098	48.5	33.4	26.8	22.9	20.3	18.4	17.0	15.8	14.8	14.0	12.4	11.2
2	0.0196	70.6	48.5	39.0	33.4	29.6	26.8	24.7	22.9	21.5	20.3	18.0	16.3
3	0.0294	87.9	60.4	48.5	41.6	36.8	33.4	30.7	28.6	26.8	25.3	22.4	20.3
4	0.0392	102.7	70.6	56.7	48.5	43.0	39.0	35.9	33.4	31.3	29.6	26.2	23.8
5	0.0490	115.9	79.7	64.0	54.8	48.5	44.0	40.5	37.7	35.3	33.4	29.6	26.8
6	0.0588	127.9	87.9	70.6	60.4	53.6	48.5	44.7	41.6	39.0	36.8	32.6	29.6
7	0.0686	139.0	95.5	76.7	65.7	58.2	52.8	48.5	45.2	42.4	40.0	35.5	32.2
8	0.0785	149.4	102.7	82.5	70.6	62.6	56.7	52.2	48.5	45.5	43.0	38.1	34.6
9	0.0883	159.2	109.4	87.9	75.2	66.7	60.4	55.6	51.7	48.5	45.9	40.6	36.8
10	0.098	168.5	115.9	93.1	79.7	70.6	64.0	58.9	54.8	51.4	48.5	43.0	39.0
11	0.108	177.4	122.0	98.0	83.9	74.3	67.4	62.0	57.7	54.1	51.1	45.3	41.0
12	0.118	186.0	127.9	102.7	87.9	77.9	70.6	65.0	60.4	56.7	53.6	47.5	43.0
13	0.127	194.2	133.5	107.2	91.8	81.4	73.7	67.8	63.1	59.2	55.9	49.6	44.9
14	0.137	202.1	139.0	111.6	95.5	84.7	76.7	70.6	65.7	61.6	58.2	51.6	46.8
15	0.147	209.8	144.3	115.9	99.2	87.9	79.7	73.3	68.2	64.0	60.4	53.6	48.5
16	0.157	217.3	149.4	120.0	102.7	91.0	82.5	75.9	70.6	66.3	62.6	55.5	50.3
17	0.167	224.5	154.4	124.0	106.1	94.1	85.2	78.4	73.0	68.5	64.7	57.3	51.9
18	0.177	231.6	159.2	127.9	109.4	97.0	87.9	80.9	75.2	70.6	66.7	59.1	53.6
19	0.186	238.4	163.9	131.7	112.7	99.9	90.5	83.3	77.5	72.7	68.7	60.9	55.2
20	0.196	245.1	168.5	135.4	115.9	102.7	93.1	85.6	79.7	74.7	70.6	62.6	56.7
21	0.206	251.7	173.0	139.0	119.0	105.4	95.5	87.9	81.8	76.7	72.5	64.3	58.2
22	0.216	258.1	177.4	142.5	122.0	108.1	98.0	90.1	83.9	78.7	74.3	65.9	59.7
23	0.226	264.4	181.7	146.0	125.0	110.8	100.4	92.3	85.9	80.6	76.1	67.5	61.2
24	0.235	270.5	186.0	149.4	127.9	113.3	102.7	94.5	87.9	82.5	77.9	69.1	62.6
25	0.245	276.5	190.1	152.7	130.7	115.9	105.0	96.6	89.9	84.3	79.7	70.6	64.0
26	0.255	282.5	194.2	156.0	133.5	118.3	107.2	98.7	91.8	86.1	81.4	72.1	65.4
27	0.265	288.3	198.2	159.2	136.3	120.8	109.4	100.7	93.7	87.9	83.0	73.6	66.7
28	0.275	294.0	202.1	162.4	139.0	123.2	111.6	102.7	95.5	89.7	84.7	75.1	68.0
29	0.284	299.6	206.0	165.5	141.6	125.5	113.8	104.7	97.4	91.4	86.3	76.5	69.3
30	0.294	305.2	209.8	168.5	144.3	127.9	115.9	106.6	99.2	93.1	87.9	77.9	70.6