

水理計算の基本知識と 実践演習問題



技術検定研修協会「受験案内」www.kenshu-kyokai.co.jp/jyukun.html

水理計算の基本原則を理解して、確実に得点をGETしよう。

基本知識

1 長さを表す式の変換

長さを表す場合は、次の変換式を用います。計算する場合は、通常、**m**の単位で統一します。

$$\begin{aligned}1 \text{ mm} &= 0.001 \text{ m} \\10 \text{ mm} &= 0.01 \text{ m} \\100 \text{ mm} &= 0.1 \text{ m}\end{aligned}$$

2 容量を表す式の変換

容量を表す場合は、次の変換式を用います。計算する場合は、通常、**m³**の単位で統一します。

$$\begin{aligned}1 \text{ m}^3 &= 1,000 \text{ l} \\1 \text{ l} &= 0.001 \text{ m}^3\end{aligned}$$

3 圧力を表す式の変換

圧力を表す場合は、次の変換式を用います。計算する場合は、通常、**水頭 (m)**で統一します

$$\text{水頭 } 100 \text{ m} = 0.98 \text{ Mpa}$$

なお、通常は水頭100m = 1 Mpaで計算します。

$$\begin{aligned}\text{水頭 } 100 \text{ m} &= 1 \text{ Mpa} = 1000 \text{ Kpa} \\ \text{水頭 } 10 \text{ m} &= 0.1 \text{ Mpa} = 100 \text{ Kpa} \\ \text{水頭 } 1 \text{ m} &= 0.01 \text{ Mpa} = 10 \text{ Kpa}\end{aligned}$$

4 計算する場合の注意点

水理計算を行う場合は、必ず「m」の付く単位に統一してから計算を行うようにします。

$$\begin{aligned} \text{(例)} \quad 25 \text{ mm} &= 0.025 \text{ m} \\ 625 \text{ mm}^2 &= 0.000625 \text{ m}^2 \\ 100 \text{ ㍓} &= 0.1 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

5 流量を表す式

水道管内を流れる流量（ m^3/s 又は $\text{㍓}/\text{s}$ ）は、単位時間当りに管内に溜まる水の体積と同じなので、管内の円柱の体積を求めるのと同じことになり、次の式で表されます。

- 管内を流れる流量（ m^3/s ）
= 管の断面積（ m^2 ）× 単位時間当りの管の長さ（m）
又は
= 管の断面積（ m^2 ）× 管内を流れる水の平均流速（ m/s ）
- 管の断面積（ m^2 ）= $\frac{\text{管内を流れる流量（}\text{m}^3/\text{s}\text{）}}{\text{管内の平均流速（}\text{m}/\text{s}\text{）}}$
- 管内の平均流速（ m/s ）= $\frac{\text{管内を流れる流量（}\text{m}^3/\text{s}\text{）}}{\text{管の断面積（}\text{m}^2\text{）}}$

6 動水こう配・損失水頭を表す式

動水こう配は、水道管を水平に長さ1,000m伸ばした場合に失われる水頭(m)を意味し、次の式で表されます。

$$\text{動水こう配} = \frac{\text{損失水頭}}{\text{管の長さ}} \times 1,000 (\text{‰})$$

これを損失水頭を求める式に変形させると、次のようになります。

$$\text{損失水頭} = \frac{\text{動水こう配} \times \text{管の長さ}}{1,000}$$

‰（パーミル）は、千分の1を表します。これに対して%（パーセント）は、百分の1を表すので、次の関係になります。

$$\begin{aligned} 1,000 \text{ ‰} &= 100\% = 1 \\ 100 \text{ ‰} &= 10\% = 0.1 \\ 10 \text{ ‰} &= 1\% = 0.01 \end{aligned}$$

練習問題 1



一般的な水理計算の次の記述のうち、不適当なものはどれか。ただし、1 MPaの水頭換算値は、102m とする。

- (1) 水圧 0.3MPa を水頭に換算すると 30.6m である。
- (2) ある管路の損失水頭は管延長 20m に対して 1 m であった。このときの動水勾配は 50 % である。
- (3) 配水管の水圧が 0.2MPa で、給水管の配水管からの立上り高さが 2 m の場合、有効水頭は 22.4m となる。
- (4) 容量 100m^3 の受水槽に、口径 75mm の給水管で給水する場合、満水となるには約 3 時間半を要する。ただし、給水管の管内流速は 2m/秒とし、断面積は 0.004m^2 とする。

● 練習問題1 解 説

(1) $0.1\text{MPa} = 10.2\text{m}$ よって $0.3\text{MPa} = 30.6\text{m}$ 相当。

$$\begin{aligned} (2) \text{ 動水勾配} &= \frac{\text{損失水頭}}{\text{管の長さ}} \times 1000 \\ &= \frac{1}{20} \times 1000 = 50 \% \quad \text{相当。} \end{aligned}$$



(3) 有効水頭は、配水管の水圧より立上り高さを差し引く。

$$\begin{aligned} \text{水圧 } 0.2\text{MPa} \text{ の場合の水頭は } 20.4\text{ m} \\ 20.4\text{m} - 2\text{m} = 18.4\text{m} \quad \text{誤り。} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} (4) \text{ 流量}(\text{m}^3/\text{秒}) &= \text{流速}(\text{m}/\text{秒}) \times \text{断面積}(\text{m}^2) \\ &= 2\text{m}/\text{秒} \times 0.004\text{m}^2 = 0.008\text{m}^3/\text{秒} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{容量 } 100\text{m}^3 \text{ の受水槽を満水にするには} \\ 100\text{m}^3 \div 0.008\text{m}^3/\text{秒} = 12,500 \text{ 秒} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 12,500 \text{ 秒を時間に換算すると} \\ 12,500 \text{ 秒} \div 3,600 \text{ 秒} = 3.47 \text{ 時間} \quad \text{相当。} \end{aligned}$$

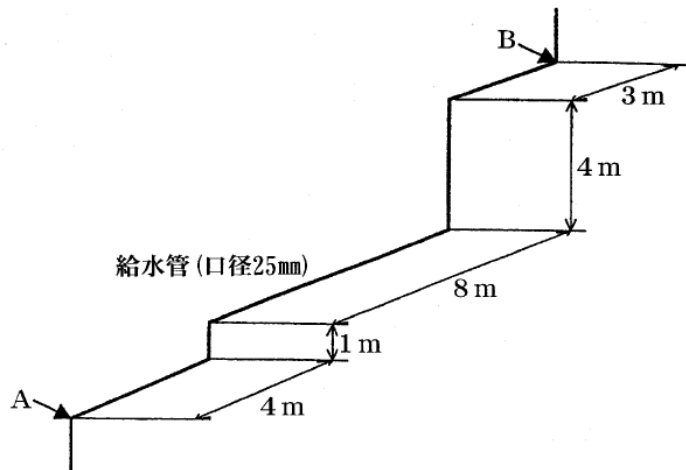
【正解】(3)

練習問題 2

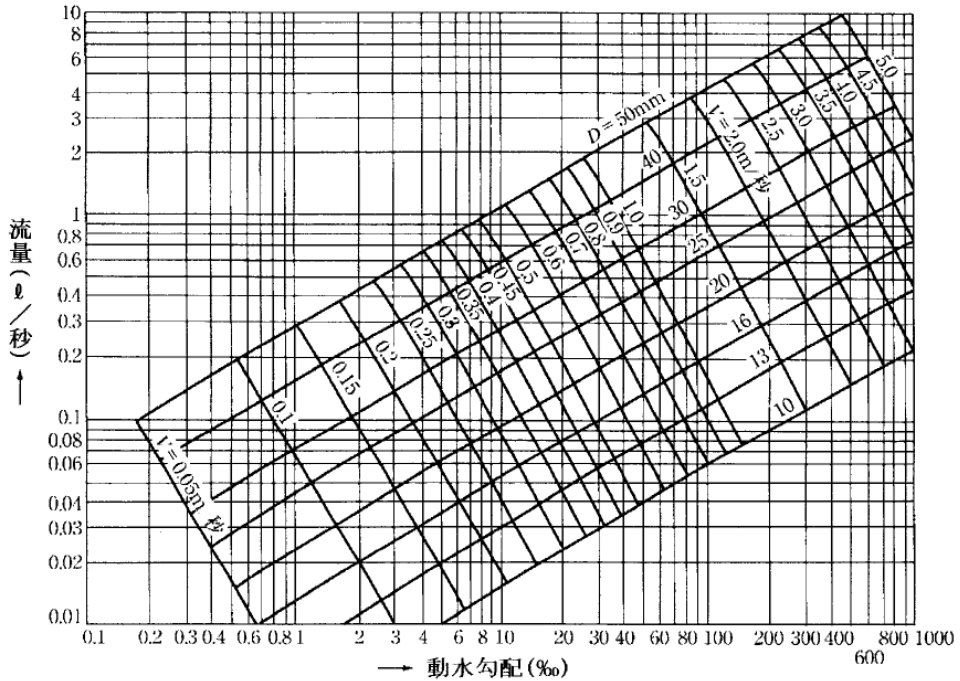


下図に示す給水管(口径 25 mm)に 24 l/分の水を流した場合、管路 A～B 間の摩擦損失水頭として、次のうち、適当なものはどれか。

ただし、給水管の流量と動水勾配の関係は図-1 を用い、管の曲がりによる損失水頭は考慮しないものとする。



- (1) 0.4 m
- (2) 0.8 m
- (3) 1.2 m
- (4) 1.6 m



図－1 ウェストン公式による給水管の流量図

●一練習問題2 解 説

この問題は、管路の摩擦損失水頭のみを求めればよい。
 管の摩擦損失水頭を求める式は次による。

$$\text{管の摩擦損失水頭} = \frac{\text{①管の長さ(m)} \times \text{②動水勾配(\%)}}{1,000} \dots\dots (1)$$

①管の長さ：AからBまでの給水管の全長は、4 + 1 + 8 + 4 + 3 = 20m

②動水勾配：図－1「ウェストン公式による給水管の流量図」から求める。

流量 24 l/分なので、1秒当たりの流量は 0.4 l/秒になる。

図－1より 0.4 l/秒で流れる時、口径 25 mmの動水勾配は約 40 %となる。

※(動水勾配 40 %とは、長さ 1,000 m当りでは高さ 40 m分損失する。
 又、1 m当りでは高さ 0.04 m分損失することを意味する。)



(1) の式に、管の長さ 20(m)と動水勾配 40(%)の値を代入する。

$$\text{管の摩擦損失水頭} = \frac{20 \times 40}{1,000} = 0.8 \text{ m}$$

従って(2)が適当である。

【正解】(2)

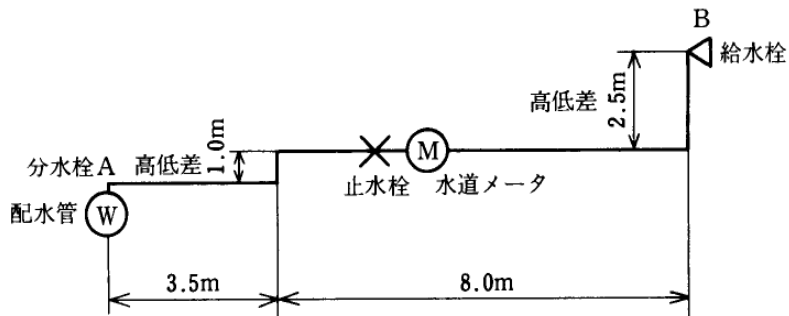
練習問題 3



下図に示す給水装置において、A～B間の最低限必要な給水管口径として、適当なものはどれか。ただし、A～B間の口径は同一で、損失水頭は給水管の損失水頭と総給水用具の損失水頭とし、給水管の流量と動水勾配の関係は図-1を用い、管の曲がりによる損失水頭は考慮しないものとする。また、計算に用いる数値条件は次のとおりとする。

- ① 配水管水圧は 0.15Mpa(メガパスカル)
- ② 使用水量は 24 l/分
- ③ 余裕水頭は5.0m
- ④ 総給水用具による損失水頭の直管換算長は35m

なお、総給水用具による損失水頭の直管換算長とは、水栓類、水道メータ、管継手等による損失水頭が、これと同口径の直管の何m分の損失水頭に相当するかを直管の長さで表したものをいう。



- (1) 13 mm
- (2) 20 mm
- (3) 25 mm
- (4) 30 mm

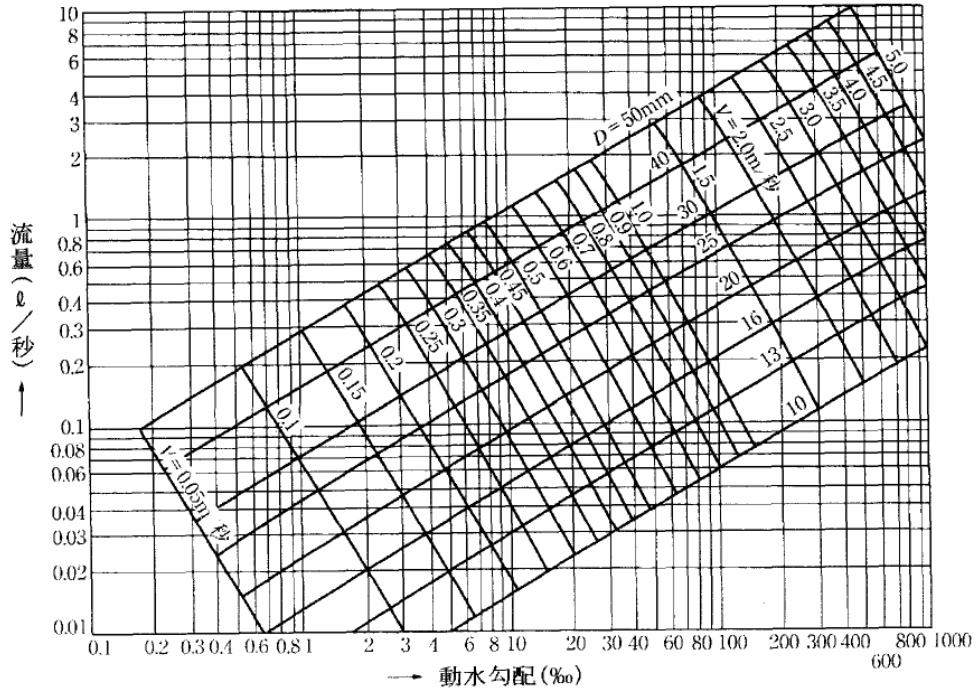


図-1 ウェストン公式による給水管の流量図

●一練習問題3 解 説

配水管からの分岐箇所の所要水頭が、配水管水頭(1Mpa = 水頭 100 m)なので、0.15Mpa = 15 m)以下で、最も 15 mに近くなる給水管口径を選べばよい。



- ア. 配水管からの分岐箇所の所要水頭は、
 a.給水管の損失水頭+ b.給水用具の損失水頭+ c.立上り高さ+ d.余裕水頭
 である。
- イ. c.立上がり高さ(1.0 m + 2.5 m = 3.5 m)と、d.余裕水頭(5 m)は判明している。
- ウ. b.給水用具の損失水頭は、数値条件④のとおり、同口径の直管 35 m分と等しい。
 従って、 a.給水管の損失水頭+ b.給水用具の損失水頭は、管路の長さ(3.5 + 1.0 + 8.0 + 2.5 = 15 m)とbの直管換算長(35 m)の和、つまり、15 + 35 = 50 mによる損失である。
- エ. 給水管の損失水頭は、図-1 ウェストン公式流量図を用いて流量 24 l/分 = 0.4 l/秒と管径とから動水勾配の値を読んで求める。

オ. 口径は、ここでは最初に真ん中あたりの数値を選んで、(2) 20 mmと仮定する。

カ. 流量 0.4(l/秒)で 20 mm配管の動水勾配はウエストーン公式流量図より 120 ‰程度である。

$$\begin{aligned} \text{キ. 管の摩擦損失水頭} &= \frac{(\text{管路長} + \text{直管換算長}) \times \text{動水勾配}}{1,000} \\ &= \frac{50 \times 120}{1,000} = 6 \text{ mの損失} \end{aligned}$$

ク. アの条件から、配水管からの分岐箇所の所要水頭は

$$a + b + c + d = 6 + 3.5 + 5 = 14.5 \text{ m}$$

ケ. 以上により、(2) 20 mm配管での配水管取付部の全水頭は 14.5 mなのに対し、配水管水頭は 15 mあるので、20 mm配管での供給は可能と分かる。

コ. 次に、より小さい口径で給水できないか、(1) 13 mm配管での検討が必要。

サ. c と d の条件、配管長 + 直管換算長 = 50 mの条件は変わらない。

シ. ウエストーン公式流量図より、13 mm配管で 0.4 l/秒の流量の時の動水勾配は約 800 ‰

$$\begin{aligned} \text{ス. 管の摩擦損失水頭} &= \frac{(\text{管路長} + \text{直管換算長}) \times \text{動水勾配}}{1,000} \\ &= \frac{50 \times 800}{1,000} = 40 \text{ mの損失} \end{aligned}$$

セ. 13 mmの場合の所要水頭は、 $a + b + c + d = 40 + 3.5 + 5 = 48.5 \text{ m}$ となり、配水管水頭 15 mと比較して、配水管の水頭が足りず、結局、13 mm配管では供給不可能と分かる。

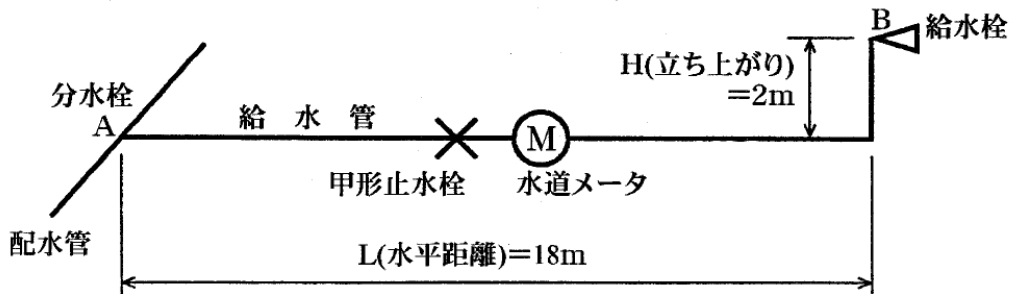
従って、(2) が最低限必要な給水管口径として適当である。

【正解】(2)

練習問題 4



下図に示す給水装置において、A点における配水管水圧が水頭として 20 mで、B点の余裕水頭が 15 mの場合の給水栓の使用水量として、次のうち最も近い値はどれか。ただし、A～B間の給水管の口径は 25 mmで、分水栓、甲形止水栓、水道メータ並びに給水栓による損失水頭は計 1.8 mとし、管の曲がりによる損失水頭は考慮しないものとする。また、図-1 に給水管の流量図を示す。



- (1) 0.2 ℓ/秒
- (2) 0.3 ℓ/秒
- (3) 0.4 ℓ/秒
- (4) 0.5 ℓ/秒

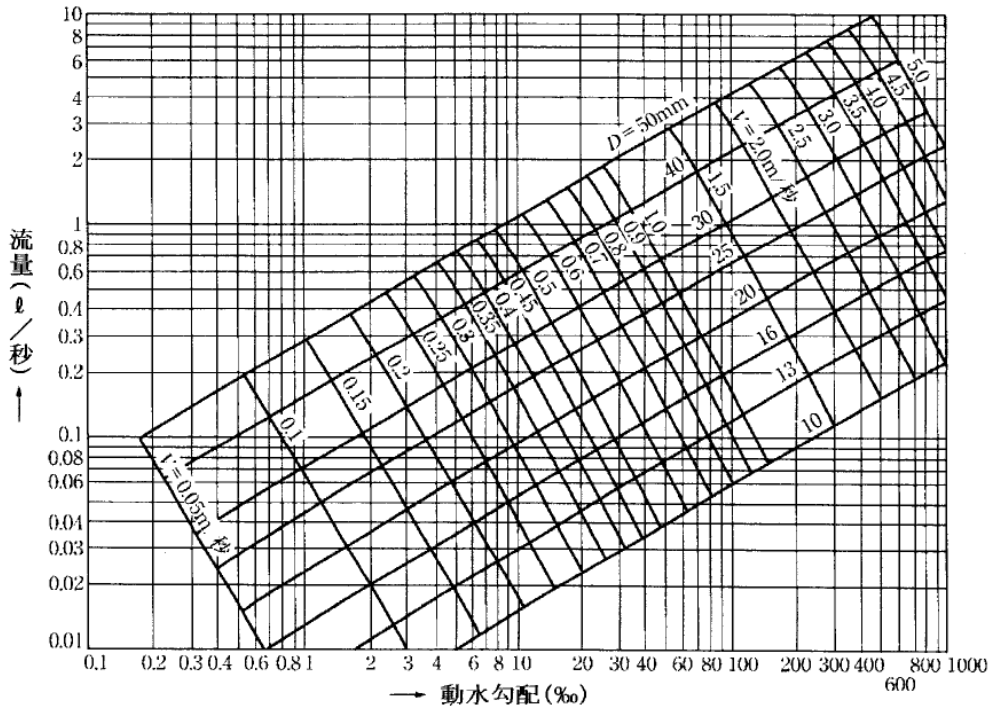


図-1 給水管の流量図

●一練習問題4 解 説

この問題の答えである使用水量は、管の口径が 25 mmと与えられているので、図-1「給水管の流量図」を利用して、動水勾配が分かれば求めることができる。

動水勾配は、動水勾配(%) = 給水管の摩擦損失水頭(m) ÷ 給水管の長さ(m) × 1,000 で表される。また、動水勾配を求めるためには、給水管の摩擦損失水頭が分かればよい。従って、次の手順で求める。



① 給水管の摩擦損失水頭を求める。

A点での配水管の水圧(水頭)

= 給水管の摩擦損失水頭 + 給水用具の損失水頭 + 立ち上がり高さ + 余裕水頭

A点での配水管の水圧(水頭) 20 m、給水用具の損失水頭は合計 1.8 m、立ち上がり高さは 2 m、余裕水頭が 15 m、とそれぞれ問題条件に与えられているので、上の式にそれぞれを代入する。

$$20(\text{m}) = \text{給水管の摩擦損失水頭}(\text{m}) + 1.8(\text{m}) + 2(\text{m}) + 15(\text{m})$$

$$\text{給水管の摩擦損失水頭}(\text{m}) = 20(\text{m}) - 1.8(\text{m}) - 2(\text{m}) - 15(\text{m})$$

$$= 1.2(\text{m})$$

② 動水勾配を求める。

動水勾配(‰)

$$= \text{給水管の摩擦損失水頭(m)} \div \text{給水管の長さ(m)} \times 1,000$$

$$= 1.2 \div (18 + 2) \times 1,000$$

$$= 1.2 \div 20 \times 1,000$$

$$= 0.06 \times 1,000 = 60 \text{ (‰)}$$

③ 図-1で、横軸の動水勾配 60 ‰と口径D = 25 mmの斜線とが交わった点の流量を縦軸の目盛で読み取ると、約 0.5 l/秒 と分かる。

従って (4) が最も近い値である。

【正解】(4)

練習問題5



図-1に示す給水装置においてB点の余裕水頭として、次のうち最も近い値はどれか。

ただし、計算に当たって、A～B間の給水管の摩擦損失水頭、分水栓、甲形止水栓、水道メータ及び給水栓による損失水頭は考慮するが、管の曲がりによる損失水頭は考慮しないものとする。また、損失水頭等は、図-2及び図-3を使用して求めるものとし、計算に用いる数値条件は次のとおりとする。

- ① A点における配水管の水圧は、水頭として20 m
- ② 給水栓の使用水量は0.4 l/秒
- ③ A～B間の給水管、分水栓、甲形止水栓、水道メータ及び給水栓の口径は20 mm
- ④ $H = 2.6$ m
- ⑤ $L = 12.4$ m

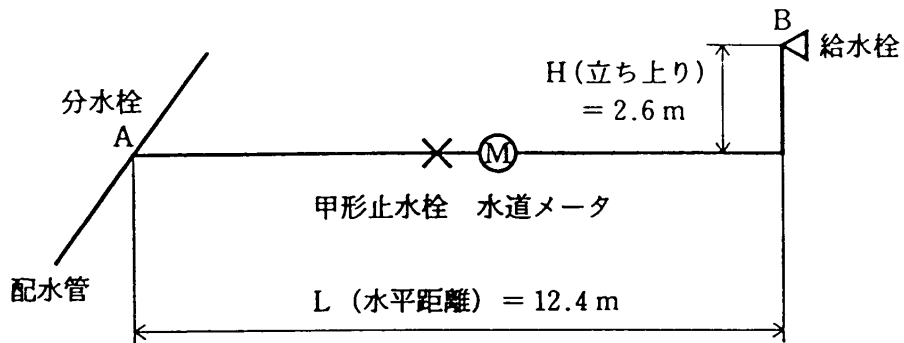


図-1 給水装置

- (1) 7 m
- (2) 9 m
- (3) 11 m
- (4) 13 m

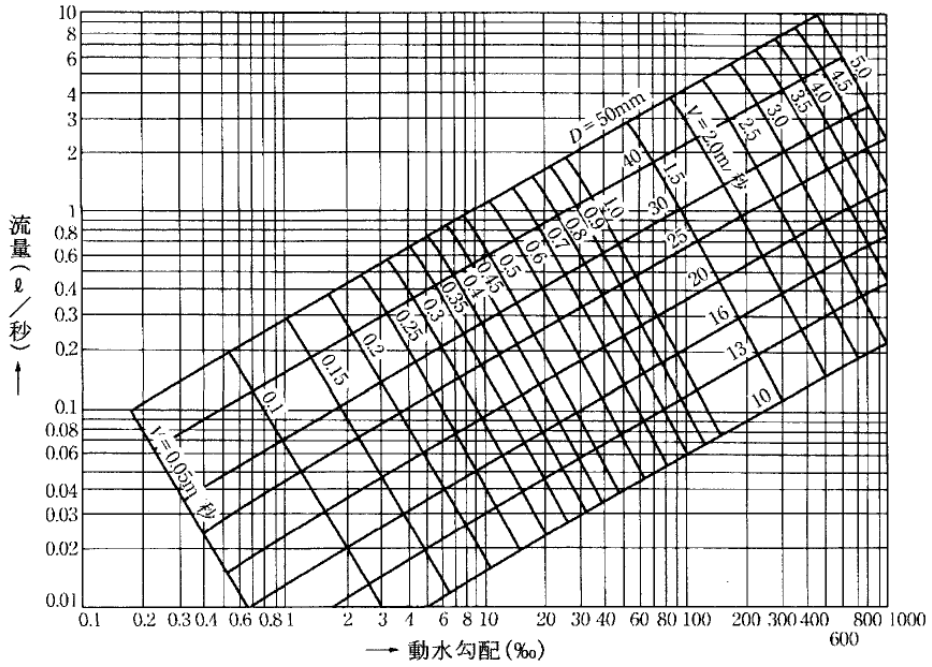
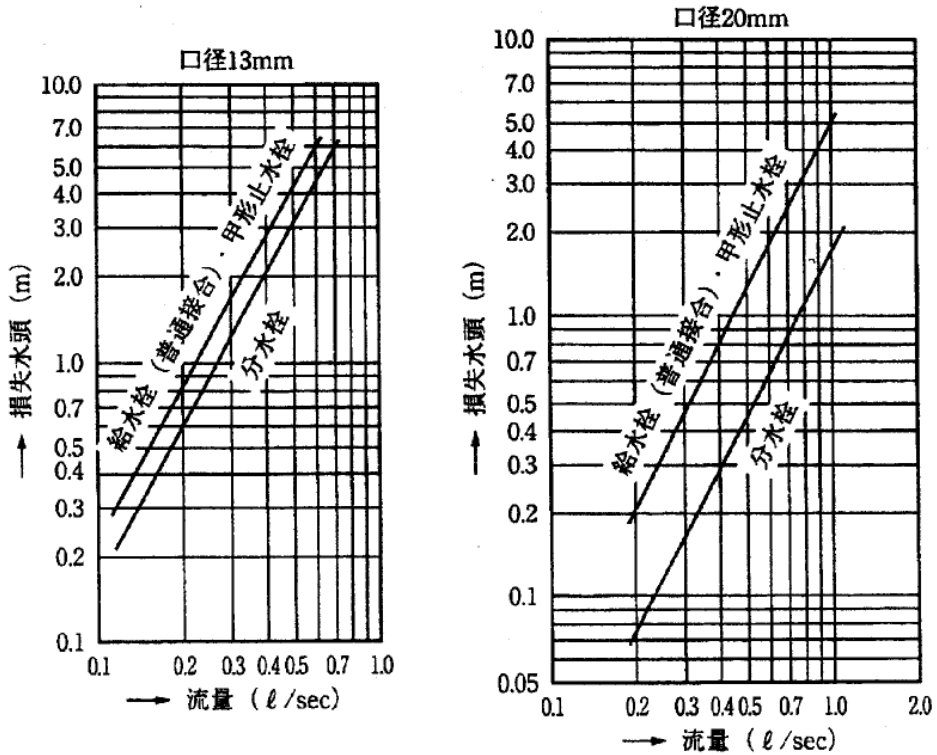


図-2 ウェストン公式による給水管の流量図

水栓類の損失水頭



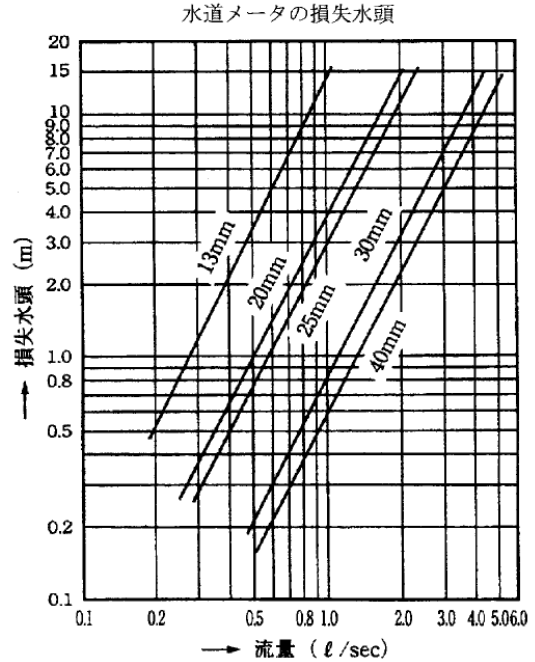
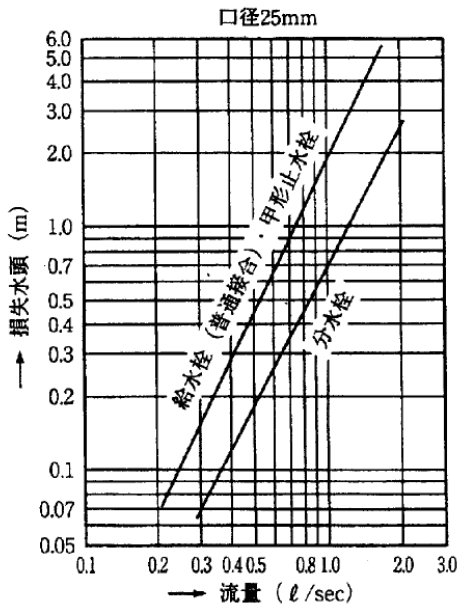


図-3 各種給水用具の使用水量に対応する損失水頭

●一練習問題5 解 説

A～Bまでの所要水頭を求め、A点の水頭 20 mから差し引けば、B点の余裕水頭が判明する。

所要水頭 = 1. 配管の摩擦損失水頭 + 2. 給水用具の損失水頭 + 3. 立ち上がり高さで表されるので、それぞれの要素について求め、最後に合算して所要水頭を求める。

1. 配管の摩擦損失水頭…図-2「ウエストン公式流量図」より、流量 0.4 l/秒で流した場合の 20 mm配管と交差する動水勾配の値を読むと、約 120 ‰ = 12 ‰ = 0.12 である。この 0.12 という数字は、配管の長さ 1 m当たり 0.12 mの損失が発生するという意味なので、問題の 12.4 m + 2.6 m = 15 mの管路長の場合、15 倍すればよいから、 $0.12 \times 15 = 1.8$ mの損失となる。



2. 給水用具の損失水頭…問題条件の③より、給水用具は次の4つがある。

ア. 分水栓

図-3「各種給水用具の使用水量に対応する損失水頭」の口径 20 mmの図より、流量 0.4 l/秒で流した場合の分水栓の損失水頭は、約 0.28 mである。

イ. 甲形止水栓

図-3「各種給水用具の使用水量に対応する損失水頭」の口径 20 mmの図より、流量 0.4 l/秒で流した場合の甲形止水栓の損失水頭は、約 0.8 mである。なお、これは給水栓も同じ値である。

ウ. 水道メータ

図-3「各種給水用具の使用水量に対応する損失水頭」の水道メータの図より、流量 0.4 l/秒で流した場合の口径 20 mmの水道メータの損失水頭は、約 0.65 mである。

エ. 給水栓

イの甲形止水栓と同じだから、約 0.8 mである。

以上により、ア+イ+ウ+エ = $0.28 + 0.8 + 0.65 + 0.8 = 2.53$ m

3. 立ち上がり高さ…問題図のとおり、2.6 m立ち上がっており、これが立ち上がり高さ。

4. 所要水頭(配水管からの分岐箇所での所要水頭)の計算

$$\begin{aligned} \text{所要水頭} &= 1. \text{ 給水管の摩擦損失水頭} + 2. \text{ 給水用具の損失水頭} \\ &\quad + 3. \text{ 立ち上がり高さ} \\ &= 1.8 + 2.53 + 2.6 = 6.93 \text{ m} \end{aligned}$$

5. B点の余裕水頭

$$\text{余裕水頭} = \text{配水管の水頭} - \text{所要水頭} = 20 - 6.93 = 13.07 \approx 13 \text{ m}$$

従って(4)が最も近い値である。

【正解】(4)