

水理計算の解き方

1. 答として求められるのは3種類しかない。

水頭(余裕水頭)

流量

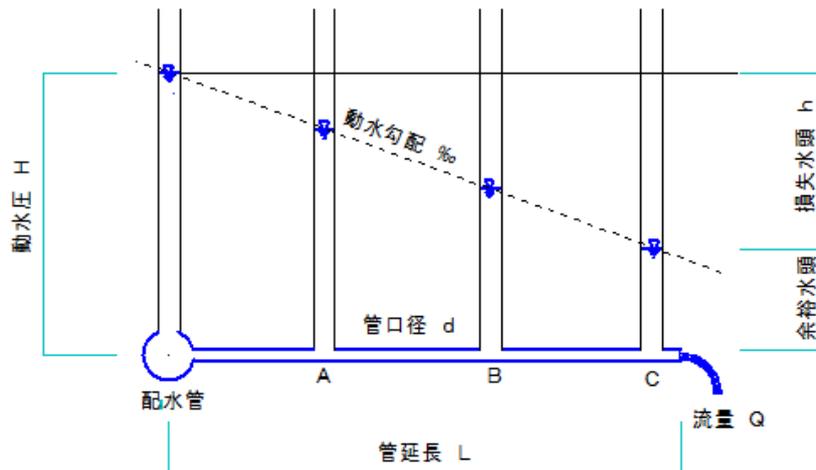
管口径

この3つが答えで要求されるものである。この場合、3つ内2つが与えられて他の1つを求め設問となっている。

2. 水頭

水頭というのは、文字のとおり考えればよい。例えば下図のように水槽から1本の管から水が流れているときの間での水位を考えてみよう。

図の給水装置の配管途中に透明なパイプを垂直に立てた場合の水位は図のようになる。



この図で配水管の水圧は動水圧Hである。動水圧というのは水が流れている状態での水圧である。配水管の中はその流れる水の速さによって変化する。日中は使用水量が多くなるので、配水管の流速が早くなり、動水圧は小さくなる。逆に夜間は使用水量が少なくなるので動水圧は大きくなる。

もし水が流れない状態があるとすれば、このとき最大の水圧となる。このように水が停止している場合の水圧を『静水圧』という。水圧テストの1.75MPaの静水圧というのは水が停止しているからである。

この給水装置から流量Q流れているとき、配水管及びA, B, Cに立てた透明管の水位をみると管径dが同一であれば、この透明管の水位は図のように管長Lに比例して変化する。つまり流れが管の摩擦抵抗を受けエネルギーを損失しているのである。この損失を水位の高さの変化(水面の位置 = 水頭)で表すので、損失水頭という。

この損失水頭の変化率を (損失水頭)/(管延長) で表し、導水勾配という。導水勾配は数値が小さいために1000倍して千分率‰(パーミル)で表す。

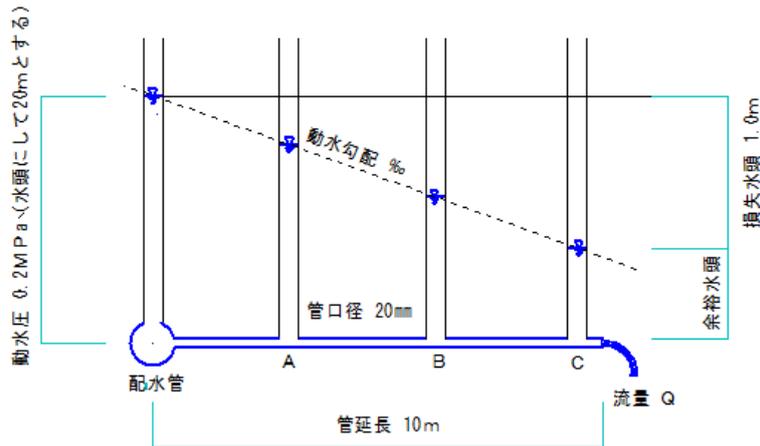
たとえば管長が10mで損失水頭が0.5mであれば

$$0.5\text{m}/10\text{m} = 0.05 \text{ であるが、千分率では } 1000 \text{ 倍するので}$$

$$0.05 \times 1000 = 50\text{‰} \text{ となる。}$$

つまり、50‰は0.05となることをしっかり理解しないと問題が解けなくなる。このとき位取りを間違えないように気をつけること。

流量を求める問題



配水管の動水圧は 0.2MPa と与えられた場合は、水頭は 20.2m であるが、過去の試験では 20m と丸めて計算してよいと与えられている。

管口径は 20mm、管延長は 10m、損失水頭 1.0m(問題として与えられるときは、余裕水頭 19.0m)の条件のとき、ウエストン公式により求める。ウエストン公式は図で示されるので、この図より簡単に求められる。

動水勾配は $1.0\text{m}/10\text{m} = 0.1 = 100\%$

動水勾配 100% を縦軸に沿って、管口径 20mm との交点を求める。この交点から左へ移動すると流量が得られる。流量が 0.37 /秒となる。このとき 0.35 あるいは 0.40 と読んでも、解答は近いものはどれかと与えられるので、正解が異なることはない。

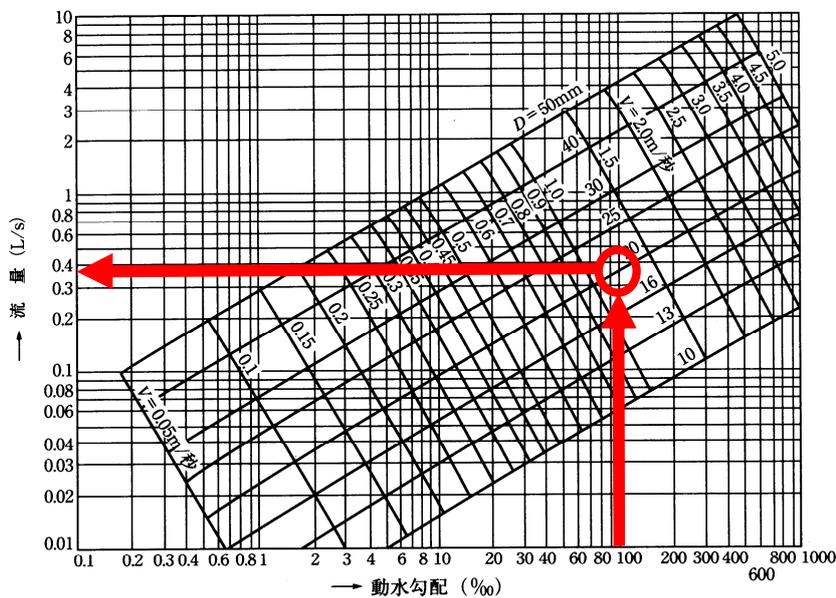


図-9.2.4 ウエストン公式流量図

ウエストン公式流量図は動水勾配、流量、管口径のうち2つが与えられると、残りの1つが求められる。したがって、動水勾配の換算(%)を間違えさえしなければ、いたって簡単である。

3. 過去問題

余裕水頭を求める問題

平成18年度 問題33 給水装置計画論

下図のB点において確保できる水頭として、次のうち、最も近い値はどれか。

ただし、計算にあたってA～B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の損失水頭は考慮するが、曲がりによる損失水頭は考慮しないものとする。

また、損失水頭などは、図-1、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。

A点における配水管水圧水頭として 20m

水栓の使用水量 0.5 /秒

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 25mm

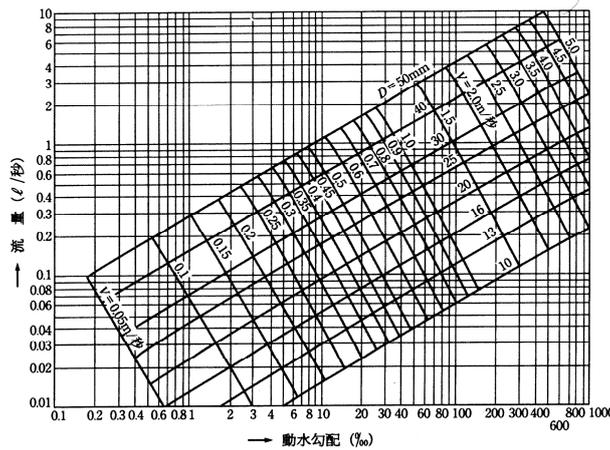
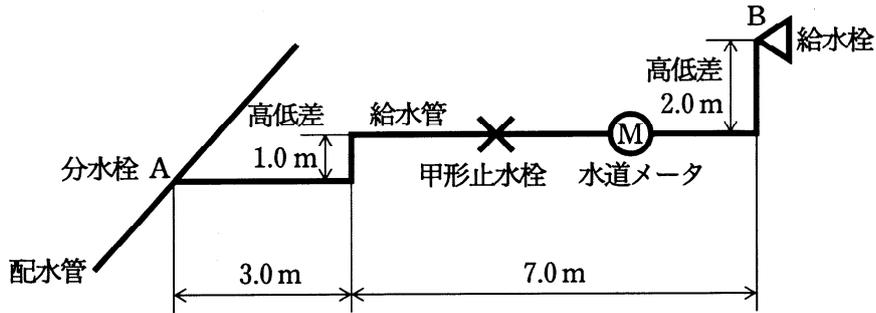


図-1 給水管の流量図

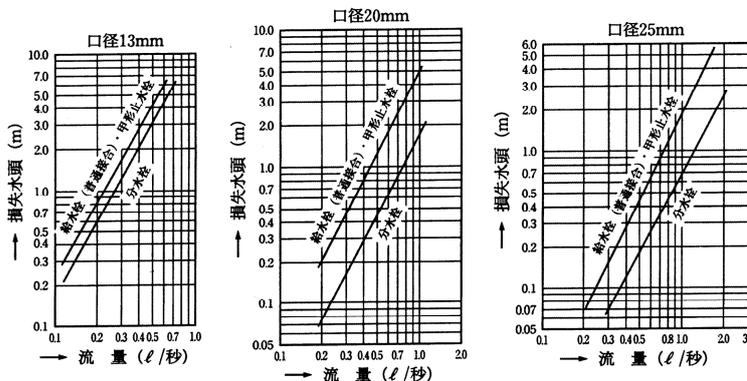


図-2 水栓類の損失水頭 (給水栓、甲形止水栓、分水栓)

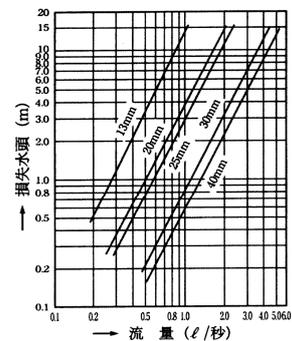


図-3 水道メータの損失水頭

- (1) 12m
- (2) 14m
- (3) 16m
- (4) 18m

【解説】

A ~ B間の全損失水頭と給水栓の立ち上がり高さを全水頭から差し引く。

給水管の摩擦損失水頭

縦軸流量 0.5 /秒 を取り、横へ移動し、口径 25 mmとの交点を求める。直管の動水勾配はこの交点を縦軸にそって、下へ移動すると 60‰ となる。“‰” は千分率である。

A ~ B間、流量 0.5 /秒、口径 25 mmからウエストン流量図より動水勾配は 60 ‰

この 60‰は 1 mで 0.06m下がる勾配であるから、給水装置の延長を乗じて管の総損失水頭を求める。

$$(延長 13m) \times (動水勾配 60 ‰) = 0.78m$$

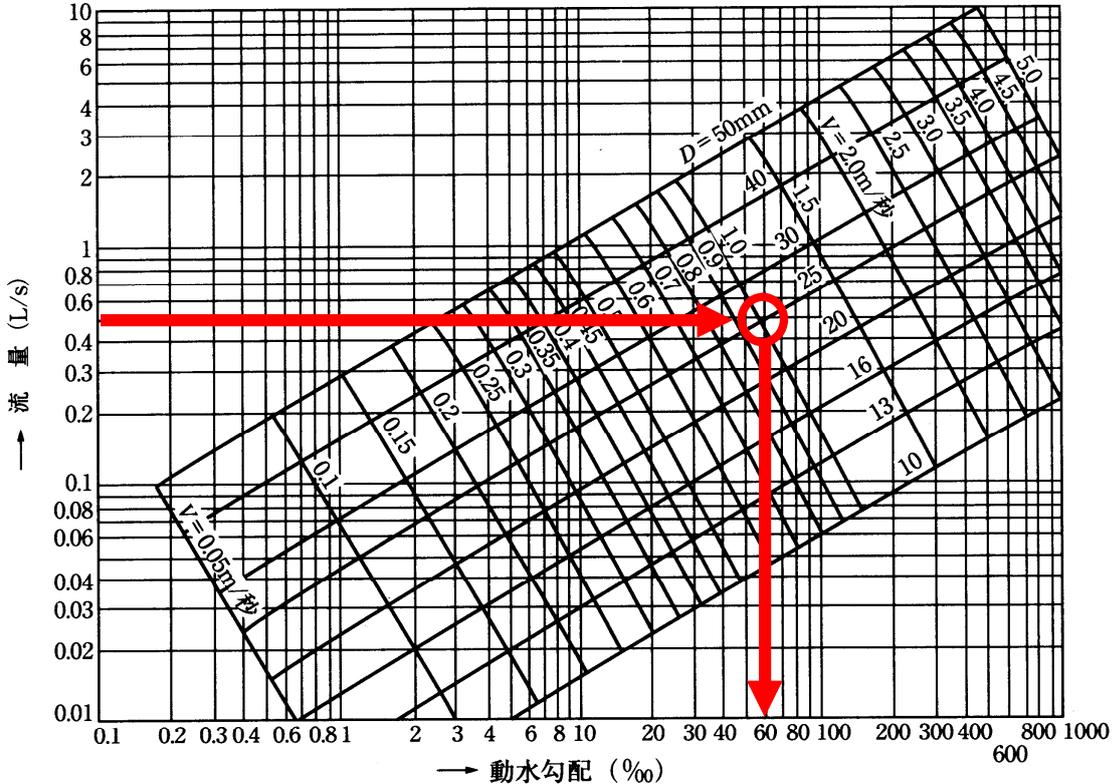
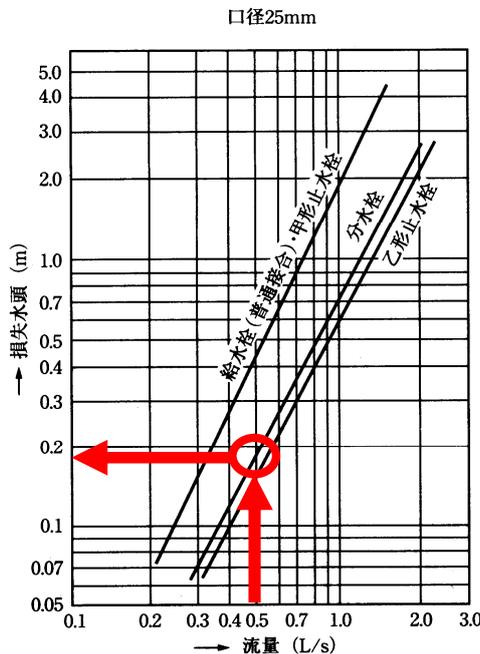


図-9.2.4 ウエストン公式流量図

分水栓の換失水頭、図-2「分水栓」の口径 25 mmより、損失水頭は 0.18m

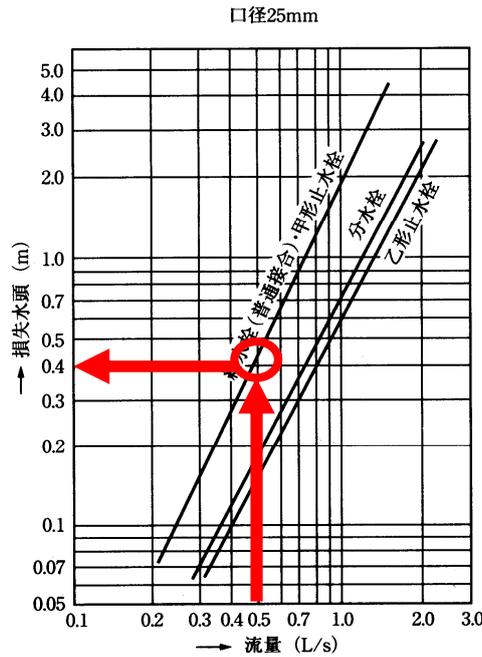
分水栓は図-2を使う。口径 13. 20. 25 mmの図があるが、本問では口径が 25 mmとされているので 25 mmの図を使う。他の口径になっていればそれぞれの図を使う。

横軸流量 0.5 /秒 から上に移動し、分水栓との交点を求め、その交点から横に移動すると分水栓の損失水頭 0.18mが求められる。この場合 0.15や0.20と読んでも答えに影響する誤差とはならない。



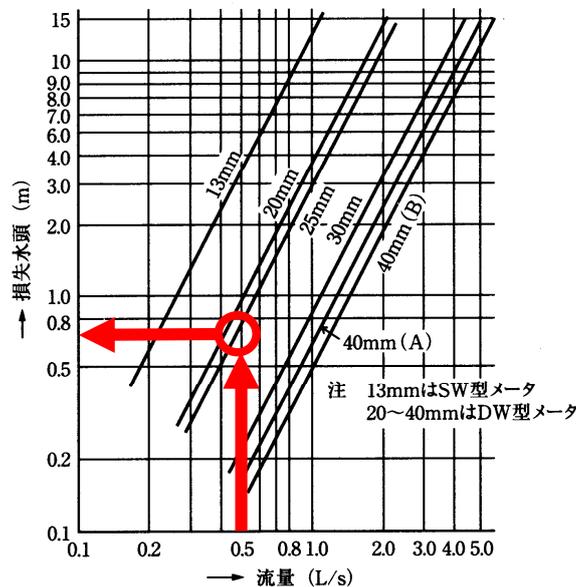
甲形止水栓の損失水頭、図-2「甲形止水栓」の口径 25 mmより、損失水頭は 0.42m

と同様に求める。このとき、分水栓と甲型止水栓、給水栓などの栓を読み間違えないように注意する。



水道メータの損失水頭、図-2「メータ」口径 25 mmより、損失水頭 0.75m

水道メータは 13 mmから 25 mmまでひとつの図となっている。 同じく読み間違いに注意する。



給水栓の損失水頭、図-2「給水栓」口径 25 mmより、損失水頭は 0.42m

の甲型止水栓と同じである。

給水栓の立ち上がり高さは 3.0m

B点で確保できる水頭(余裕水頭) Hは、

$$H = 20\text{m} - 0.78\text{m} - 0.18\text{m} - 0.42\text{m} - 0.75\text{m} - 0.42\text{m} - 3.0\text{m} = 14.45\text{m} \quad 14\text{m}$$

したがって、(2)が最も近い値である。

流量を求める問題

平成 14 年度 問題 34 給水装置計画論

図-1 に示す給水装置における C 点の流量として、次のうち最も近い値はどれか。

なお、計算に用いる数値条件は次のとおりとし、給水管の流量と動水勾配の関係は、図-2 を用いて求めるものとする。

給水管の口径 20 mm

A ~ B 間の水平距離 21.0 m

B ~ C 間の垂直距離 2.0 m

水道メータ、給水用具類による損失水頭の直管換算長 7 m

A 点における配水管の水圧水頭として 20 m

- (1) 15 /分
- (2) 30 /分
- (3) 45 /分
- (4) 60 /分

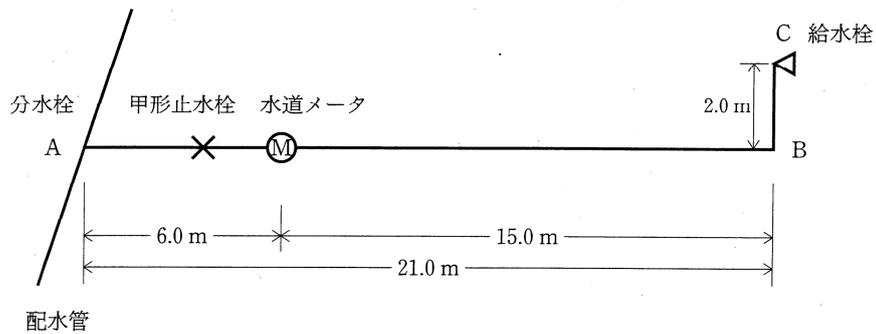


図-1 給水装置

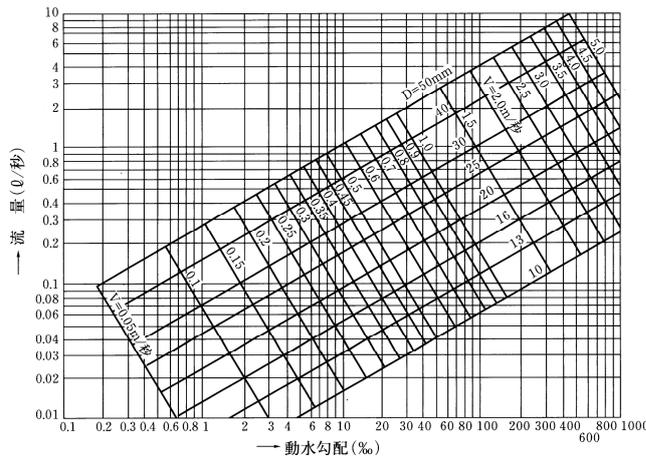


図-2 ウエストン公式による給水管の流量図

【解説】

配水管水圧は、水圧水頭として 20 m、立上がり高さは 2.0 m である。

A ~ C の管延長は、

$$21.0\text{ m} + 2.0\text{ m} = 23.0\text{ m} \text{ である。}$$

また、給水器具の直管換算長は、7 m である。直管換算長とは器具の損失水頭が直管の損失水頭と同じになる管延長のことである。この給水装置の動水勾配は、

$$(20\text{ m} - 2.0\text{ m}) / (23.0\text{ m} + 7.0\text{ m}) \times 1000 = 600\% \text{ である。}$$

管口径 20 mm で、動水勾配 600 % の場合の流量を図-2 のウエストン公式による給水管の流量図により求めればよい。

動水勾配 600 % と管口径 20 mm の交点を求め、そのときの流量を求めればよい。

流量は、1.0 /秒 = 60 /分

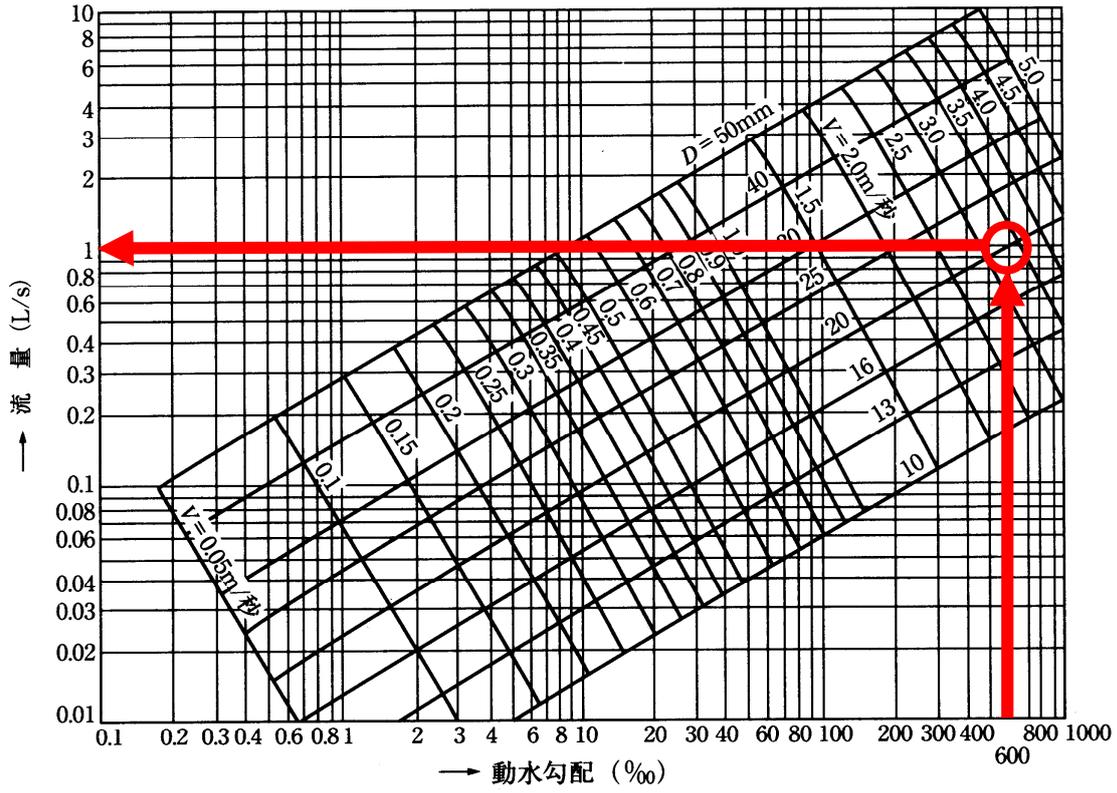


図-9.2.4 ウェストン公式流量図

したがって、(4)が最も近い値である。

管口径を求める問題

平成 11 年度 問題 40 給水装置計画論

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。

配水管水圧は 0.15MPa(メガパスカル)

使用水量は 24 /分

余裕水頭は 5.0m

総給水用具による損失水頭の直管換算長は 35m

1MPa は 10.0 kg f/cm²

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、管継手部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

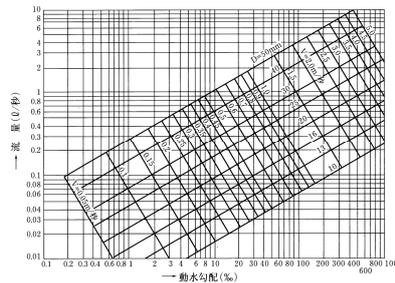
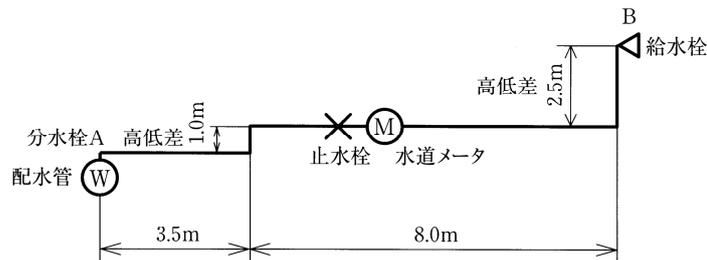


図-1 ウェストン公式による給水管の流量図

【解説】

配水管水圧は、0.15 MPa であるから、これを水頭に換算すると

$$0.15 \text{ MPa} = 0.15 \times 10.0 \text{ kg f/cm}^2 = 1.5 \text{ kg f/cm}^2 = 15 \text{ m}$$

余裕水頭は 5.0m、立上がり高さは 3.5m であるから、この給水装置の摩擦損失水頭は

$$(15\text{m} - 5\text{m} - 3.5\text{m}) = 6.5\text{m以下でなければならない。}$$

流量 0.4 /秒(24 /分)の場合、A～B間の損失水頭が 6.5m以下となる管口径を図-1 のウェストン公式による給水管の流量図により求めればよい。

管路長は 3.5m + 1.0m + 8.0m + 2.5 m = 15m

総給水用具による損失水頭の直管換算長 35m を管路長に加算して、給水装置の総摩擦損失に相当する直管長とする。

$$15 \text{ m} + 35 \text{ m} = 50 \text{ m}$$

A～B間の許容損失水頭を直管長で除して、動水勾配を求めると、

$$6.5 \text{ m} / 50 \text{ m} = 0.13 = 130\text{‰}$$

となり、図-1 の流量図により、流量 0.4 /秒(24 /分)と動水勾配 130‰との交点をもとめる。

交点は管径 16 mmと 20 mmの間となり、管口径 20 mmが適当なものとなる。

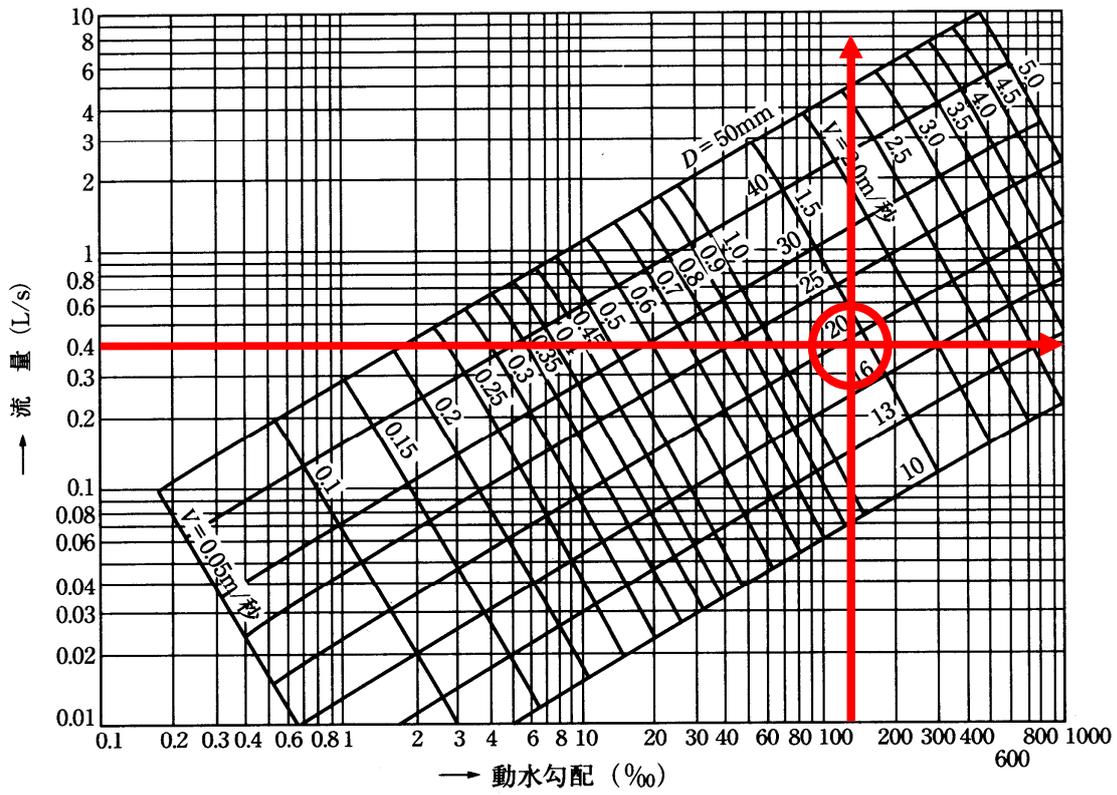


図-9.2.4 ウェストン公式流量図

したがって、(2)が適当なものである。