

## はじめに

ポンプ操法では、機関員の送水圧力が MAX0.4MPa となっているがなぜ 0.4MPa か考えたことがあるだろうか？  
 わりと多くの人が“そういうもんだ！”と思っている。では消防署はどうか考えた時に普通は 0.5~0.7MPa 位で送水するらしい。こう考えると最大 0.4MPa にはきっと何か根拠があるに違いないと思い水力学の観点から調べたら、“なるほど！”という答えがでたので紹介したい。

## 基本的なアイデア

もし、筒先員 1 人で保持できる最大の放水反動力になるポンプ圧 $P_p$ が 0.4MPa 程度であれば、安全管理の観点から最大 0.4MPa と決めたのでは？というアプローチで調べる。

## 放水反動力

筒先員が放水している時に、放水量や圧力に影響を受けて筒先が後ろに引っ張られる『力』のことを、『放水反動力』と呼び、経験的にポンプ圧（送水圧）に依存していることを知っている。

そして、あまりにも高いポンプ圧をかけると、筒先員が安全に放水作業をできず筒先に振られ、大変危険な目にあうことは言うまでもない。

また筒先員が 1 人で連続保持できる限界が『200N』とか『180N』と言われている。

何でか知らないけど・・・

そしてその計算式は

$$F_n = 1.57d^2P_n \quad (\text{N})$$

で示され、放水反動力はノズル径とノズル圧に依存する。

## 放水の静的釣合方程式

$$P_p = P_n + F_1 + F_0$$

$$F_1 = kNQ^2$$

$$Q = cd^2\sqrt{P_n}$$

$P_p$ : ポンプ圧(MPa)

$P_n$ : ノズル圧(MPa)

$F_1$ : ホースの圧力損失(MPa)

$F_0$ : とりあえず 0 適当な圧力損失(MPa)

k: 比例係数 0.1@長さ 20m の 65mm ホース

N: 3 ホース本数

Q: 流量(m<sup>3</sup>/min)

c: 比例係数 0.002085

d: ノズル直径(mm)

### 計算

放水反動力はノズル圧に依存し、ノズル圧はポンプ圧とホース摩擦損失から求められるので前述の式に最大放水反動力を与えて解けばその時のポンプ圧が求められる。

STEP1.最大ノズル圧

$$P_{nMAX} = \frac{F_{nMAX}}{1.57d^2} = \frac{200}{1.57 \times 21^2} = 0.29(\text{MPa})$$

操法用の筒先は 21mm 相当のため d=21

STEP2.最大ノズル圧に対応するポンプ圧

釣合方程式を変形しポンプ圧を求める

$$P_p = P_n + kNc^2d^4P_{nMAX} = 0.289 + 0.1 \times 3 \times 0.002085^2 \times 21^4 \times 0.289 = 0.36(\text{MPa})$$

### 考察

仮にホースに折れや曲がりが生じ、圧損が 0.02MPa 程度ある場合はポンプ圧が 0.38MPa となる。またホースを 10 本延長した場合、ポンプ圧 0.55MPa となる。65mm ホースが 3 本だから最大ポンプ圧が 0.4MPa というのは現実的な値だと言える。

### 結論

値としては 0.36(MPa)程度となった。ポンプ車の圧力計の最小目盛りは一般的に 0.1MPa 単位なので MAX0.4MPa 以下と言うのは安全性と圧力計の最小目盛りの都合であり、基本的なアイデアは概ね正しいと言える。

### おわりに

これで、明日から操法が楽しめそうだ。またガンタイプノズルの場合の定格ノズル圧が 0.5MPa とか 0.7MPa とされている。計算すると反動力は 280~317N になるので、連続で 1 人注水は難しい。しかし 2 人注水する場合の最大放水反動力は 300N と言われているので、ノズルの仕様も安全に大量放水できるポイントで設計されているのだと思う。自分が設計したわけじゃないけど・・・