

# $10^5 \leq Re \leq 10^6$ 에서 비원형관로의 마찰손실계산정확도에 미치는 면적동등환산직경의 영향

손남진, 리철혁

위대한 령도자 김정일동지께서는 다음과 같이 교시하시였다.

《현대과학기술의 빠른 발전은 기초과학의 성과에 토대하고있으며 과학기술분야에서의 자립성은 기초과학분야에서부터 시작됩니다.》(《김정일선집》 증보판 제10권 485페이지)

크고 작은 각종 열교환기들과 배풍설비들, 풍동의 효율을 높이고 그 구조설계의 최량정수들을 얻어내는 문제들은 원형관로 및 비원형관로에서의 류체력학적저항을 정확히 결정할것을 요구하고있다.

선행연구들에서는 비원형관로의 충분히 발달된 란류마찰을 평가하는데서  $Re$ 의 특성길이로 리용하는 수력학적직경이 합리적인 특성길이척도가 아니며 층류마찰손실평가와  $10^4 \leq Re \leq 10^5$ 인 경우 란류마찰손실평가에 특성길이척도로 면적동등환산직경을 리용하고있다.[1, 2, 4, 5]

여기서는  $10^5 \leq Re \leq 10^6$ 인 경우 수력학적직경과 면적동등환산직경에 기초하여 4각형관로와 직경이 같은 3개의 원이 서로 접하여 형성되는 비원형관로의 충분히 발달된 란류마찰손실을 계산하고 실험값과 비교하여 면적동등환산직경이 계산정확도에 미치는 영향을 평가하였다.

$10^5 \leq Re \leq 10^6$ 에서 성립하는 콜번의 식은 다음과 같다.

$$4f_c = \frac{0.184}{Re^{0.2}} \quad (1)$$

여기서  $f_c$ 는 마찰계수를 표시하는 훔닝인자이며  $Re$ 는 수력학적직경  $d_e$ 에 기초한 레이놀즈수이다.

면적동등환산직경  $d_{se}$ 는 비원형관로의 자름면면적이  $S$ 라고 할 때 그것과 면적이 같은 원의 직경으로서 다음과 같이 정의되였다.[1, 4, 5]

$$d_{se} = \frac{4S}{p_s} = \sqrt{\frac{4S}{\pi}} \quad (2)$$

여기서  $p_s$ 는 면적이  $S$ 와 같은 원의 둘레로서  $\pi d_{se}$ 이다.

이때 면적동등환산직경을 특성길이로 하는  $Re$ 는 다음과 같다.

$$Re^* = \frac{ud_{se}}{\nu} \quad (3)$$

$Re$ 와  $Re^*$ 사이에는 다음의 관계가 성립된다.

$$Re^* = \frac{ud_{se}}{\nu} = \frac{ud_e \frac{d_{se}}{d_e}}{\nu} = Re \cdot \frac{d_{se}}{d_e} = Re \cdot k \quad (4)$$

$Re^*$  을 식 (1)의  $Re$  에 대입하면 다음과 같다.

$$4f_c = \frac{0.184}{Re^{*0.2}} \quad (5)$$

혹은

$$4f_c = \frac{0.184}{Re^{0.2}} \cdot k^{-0.2} \quad (6)$$

여기서 결수  $k = \frac{d_{se}}{d_e}$  이다.

가로, 세로길이가 1/5 인 직4각형관로와 직경이 같은 3개의 원이 서로 접하여 형성되는 비원형관로(그림 1)에 대하여 식 (1)과 식 (6)으로 계산한 값과 실험값을 비교하였다.(그림 2)

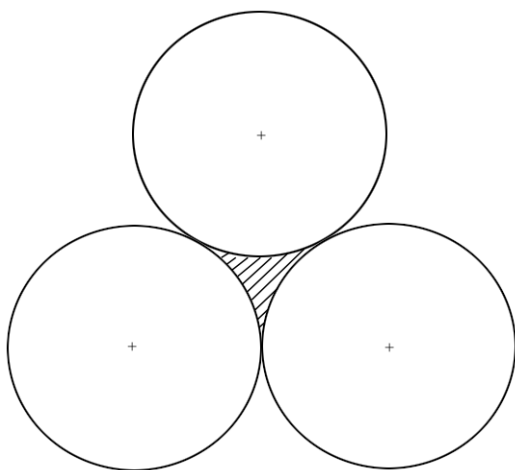


그림 1. 직경이 같은 3개의 원이 서로 접하여 형성되는 비원형관로자름면

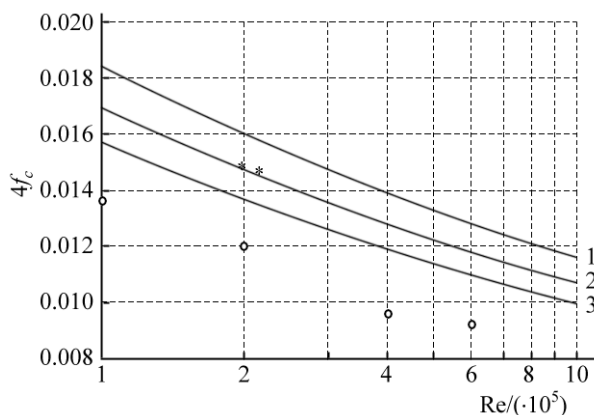


그림 2.  $Re$ -레이놀즈수에 따르는 환닝인자의 변화  
1-수력학적직경에 기초한 계산값, 2-면적동등환산직경에 기초한 계산값(4각형관로), 3-면적동등환산직경에 기초한 계산값(직경이 같은 3개의 원이 서로 접하여 형성되는 비원형관로); ○ 직경이 같은 3개의 원이 서로 접하여 형성되는 비원형관로의 실험값, \* 직4각형관로의 실험값(가로, 세로길이가 1/5)

그림 2에서 보는바와 같이 직4각형관로인 경우 수력학적직경에 기초한 계산값은 실험값[3]과 7.2%정도의 차이를 가지지만 면적동등환산직경으로 계산하면 오차가 1.2%로서 수력학적직경에 의한 계산값보다 현저히 작다.

직경이 같은 3개의 원이 서로 접하여 형성되는 비원형관로인 경우 수력학적직경에 기초한 계산값은 실험값[6]과 평균 20.5%정도의 차이를 가지고있고 면적동등환산직경에 기초한 계산값은 실험값과 평균 10.5%정도의 차이를 가지고있다.

이로부터  $10^5 \leq Re \leq 10^6$  인 란류의 마찰손실평가에서 특성길이로 수력학적직경을 리용하는것보다 면적동등환산직경을 리용하는것이 더 정확하다는 결론을 얻을수 있다.

## 참 고 문 헌

- [1] 손남진 등; 기계공학, 4, 33, 주체99(2010).
- [2] M. Frank; Fluid Mechanics, McGraw Hill, 4~76, 2011.
- [3] Jr. Jones et al.; Trans. ASME. J. Fluids Eng., 98, 173, 1976.
- [4] S. F. Nan et al.; Trans. ASME J. Fluids Eng., 122, 634, 2000.
- [5] S. F. Nan; Trans. ASME J. Fluids Eng., 123, 439, 2001.
- [6] K. Rehme; Int. J. Heat Mass Transfer, 16, 933, 1973.

주체103(2014)년 11월 5일 원고접수

### **Influence of an Area Equivalent Round Diameter on Accuracy of Calculation of Friction Factors in Noncircular Ducts, $10^5 \leq Re \leq 10^6$**

*Son Nam Jin, Ri Chol Hyok*

In the case  $10^5 \leq Re \leq 10^6$ , in this paper, influence of an area equivalent round diameter investigated on estimation of friction factors of fully developed turbulent flows through noncircular ducts.

In the case  $10^5 \leq Re \leq 10^6$ , friction factors of fully developed turbulent flows based on hydraulic and area equivalent round diameter calculated in rectangular and non-circular shaped being contiguous to three circular, and estimated influence of an area equivalent round diameter on accuracy of calculation by comparing with experimental data.

Hence we can get conclusion that using of an area equivalent round diameter is accurate in calculation than hydraulic diameter.

Key words: noncircular duct, area equivalent round diameter, friction factor