

핀 간격이 루우버핀 熱交換器의 空氣側 熱傳達에 미치는 影響

Effect of Fin Spacings on Air-side Heat Transfer in Louvered Fin Heat Exchangers

金善政*, 鄭泰鉉**, 權純錫***
S. J. Kim, T.H.Chung, S. S.Kwon

ABSTRACT

A study has been conducted experimentally on heat transfer characteristics of louvered fin heat exchangers with various fin spacings in air.

The experimental results are as follows;

1. Mean heat transfer coefficient is increased with increasing air velocity and the optimum fin spacing shows at $S=5\text{mm}$.
2. Pressure drop is increased with increasing air velocity and its maximum value shows at $S=3.5\text{mm}$ and its minimum value shows at $S=6\text{mm}$.
3. $\bar{h}/\Delta P$ is decreased with increasing air velocity and its maximum value shows at $S=5\text{mm}$ and its minimum value shows at $S=3.5\text{mm}$.

기 호 설 명

- A : 전열면적(m^2)
 \bar{h} : 평균열전달계수($\text{kcal}/\text{m}^2 \text{h}$)
 Δp : 압력강하(Pa)
 q : 단위시간당 열전달량(kcal/h)
 S : 핀간격(mm)
 ΔT : 유체와 전열체와의 평균온도차($^{\circ}\text{C}$)
 V : 공기속도(m/sec)

1. 서 론

최근 공냉식 열교환기의 소형화를 위하여 열

전달촉진에 관심이 집중되고 있다. 이 중에 공기측 열전달을 향상시키기 위하여 Louvered fin이 실용화 되고 있다.

따라서 Louvered fin은 전열면적을 증대시키면서 유체의 경계층을 얇게 하거나 교란케 하므로써 열전달 촉진에 사용되고 있으며, 이에 관한 연구가 활발히 진행되고 있다.

Davenport²⁾는 여러가지 Louvered pitches를 가진 8Louvers의 표면에 대하여 Stanton 수와 마찰계수는 Louvered pitch가 감소함에 따라 증가함을 실험적으로 증명하였다.

Hatada와 Senshu²⁾는 Convex Louvered fin이 열전달 성능을 효과적으로 개선하는 fin

* 大田工業大學 建築設備工學科

** 東亞大學校 大學院 機械工學科

*** 東亞大學校 工科大學 機械工學科

의 경사각이 존재한다고 하였다.

Kurosaki³⁾은 Louvered fin의 마름모꼴 배열에서 위치를 이동한 수정된 마름모꼴 배열의 경우 열전달특성이 10% 향상됨을 실험으로 확인하였다.

Yan 등⁴⁾은 공기유동방향으로 마름모꼴 평판배열에 대하여 열전달과 압력강하특성을 실험으로 연구하였다.

Kwon 등^{5,6)}은 Louvered fin 열교환기의 열전달특성을 규명하기 위하여 Plate fin과 Louver 위치를 변경하여 제작한 6개의 모형 열교환기에서 공기속도를 변수로 열전달과 압력강하특성을 실험적으로 연구하였다.

공냉식 열교환기의 공기측 열전달에서 효율적인 확대표면을 결정하는 중요한 변수는 핀의 간격, 두께, 길이, 열전도율 및 풍속 등이 있다.

본 연구에서는 Louvered fin 열교환기에서 루버 위치가 중앙과 뒤로 10mm 이동한 모형 열교환기에서 핀간격과 공기속도를 변수로 하여 열전달과 압력강하특성을 실험적으로 고찰

하였다.

2. 실험장치 및 방법

본 실험에 사용된 Louvered fin의 개략도는 Fig.1과 같고 이 model은 상용으로 사용되고 있는 루버위치가 중앙인 경우와 평균열전달 계수가 가장 큰 뒤로 10mm 이동한 경우를 선정하였다. Louvered fin의 재질은 알루미늄판(열전도율, 202 W/m°C)이고 그 두께가 0.3mm이다. 모형열교환기의 주요사양은 Table 1과 같다. 가열장치는 평판과 봉이고 재질은 순동(열전도율, 386 W/m°C)이며 평판이면에 니크롬선을 균일하게 감은 판가열기를 부착하여 가열하였고 이 열은 순동평판을 통하여 튜브에 밀착삽입된 가열봉으로 전열되도록 하였다. 이 장치에 일정한 열량을 공급하기 위하여 전압조절기, 전압계 및 전류계를 사용하였다. 열교환기의 양단면에서의 열손실을 방지하기 위하여 두께 6mm의 석면판을 부착하였다.

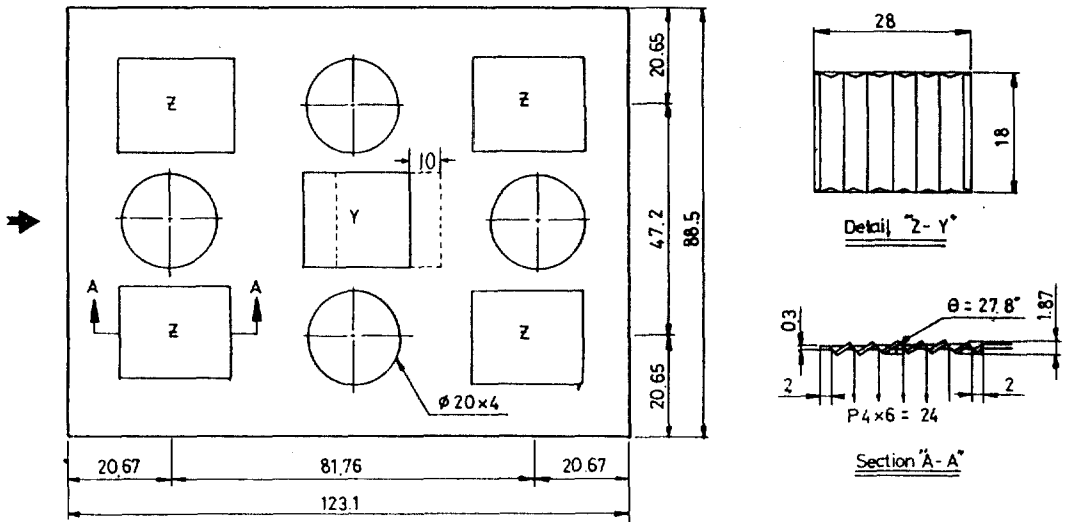


Fig.1 Schematic diagram of a Louvered fin

Table 1. Specification of Model Heat Exchangers

Model	fin spacing (mm)	fin width (mm)	fin length (mm)	number of fin	total area (m ²)
middle louvers	3.5	88.5	123.1	16	0.362
10mm backward louvers	4			14	0.322
	5	88.5	123.1	11	0.2597
	6			9	0.2077

열교환기 외부는 덕트를 제작하여 부착하였고, 모형열교환기의 온도측정은 입구, 출구, 튜브의 상, 중, 하부분 등 5개소에 Chromel-Alumel 열전대를 부착하여 Plate의 온도가 정상상태가 되었을 때 각 점의 온도를 data-logger로 측정하였다.

속도측정은 pito-tube를 duct 한 중앙에 설치하여 모형 열교환기의 100mm 전방 중앙에 직경 2mm의 튜브를 부착하여 메칠알콜을 이용한 액주계(manometer)로 하였으며 그 값은 모형 열교환기의 대표값으로 하였다.

Fig.2는 Louvered fin 열교환기에 가열기를 부착하여 풍동에 설치된 실험장치를 나타내 주고 있다. 실험은 풍동의 속도조절기를 사용하여 공기속도 3m/sec~14m/sec에서 전열량을 변경하여 실시하였다.



Fig.2 Photograph of experimental apparatus

3. 실험결과 및 고찰

본 실험에서 Louvered fin이 부착된 모형열교환기의 단위시간당 열전달은 다음 식으로 표시된다.

$$q = \bar{h} A \Delta T (\text{kcal/h})$$

여기서 ΔT 는 유체와 전열체의 평균온도차이고 전열체의 평균온도는 튜브의 상, 중, 하온도를 평균한 것이다.

Fig.3은 루버위치가 중앙인 경우, $q=25.80$ kcal/h에서 풍속에 대한 평균열전달계수를 여러가지 핀간격에 대하여 비교한 것을 나타내고 있다.

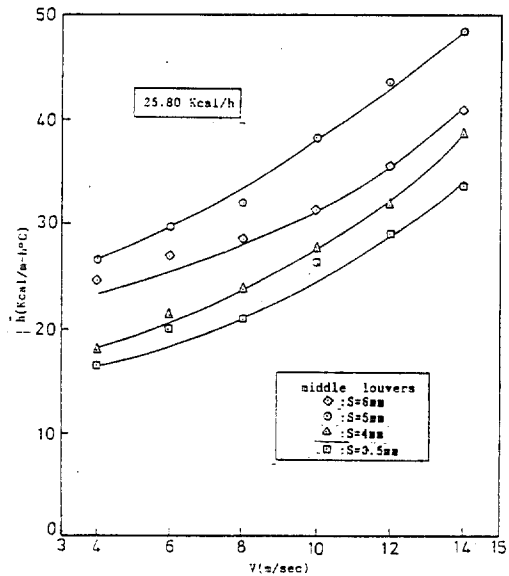


Fig.3 Mean heat transfer coefficient versus air Velocity

평균열전달계수는 속도가 증가하면 증가되었고 핀간격이 커짐에 따라 S=5mm 까지는 증가되었으나 S=6mm에서는 감소되어 최대값, 즉 최적핀 간격은 S=5mm에서 나타났다. 이는 핀간격이 크면 열경계층의 상호간섭이 감소되어 열전달이 잘 되고 핀간격이 너무 크면

열경계층의 열전달을 촉진시키는 상호작용이 감소되어 열전달이 감소되고 핀간격이 너무 작으면 열경계층이 중첩되어 열전달이 감소된다. 10m/sec일때 평균열전달계수는 S=5mm인 경우, S=3.5mm인 경우보다 45.8%, S=4mm인 경우보다 35.5%, S=6mm인 경우보다 21.3% 증가되었다.

$q=79.77 \text{ kcal/h}$ 인 경우의 평균열전달계수는 Fig. 3과 유사한 경향을 나타낸다.

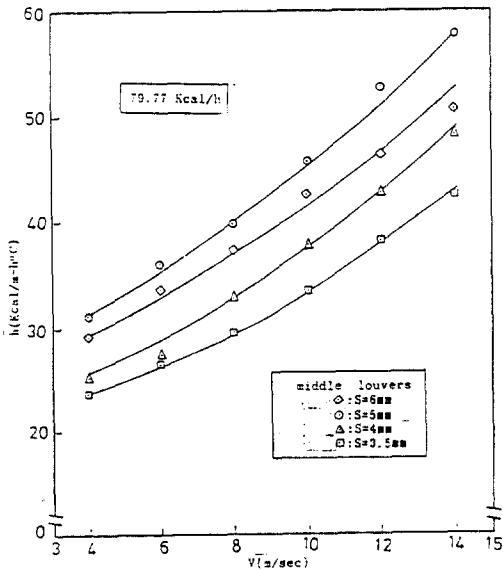


Fig. 4. Mean heat transfer coefficient versus air Velocity

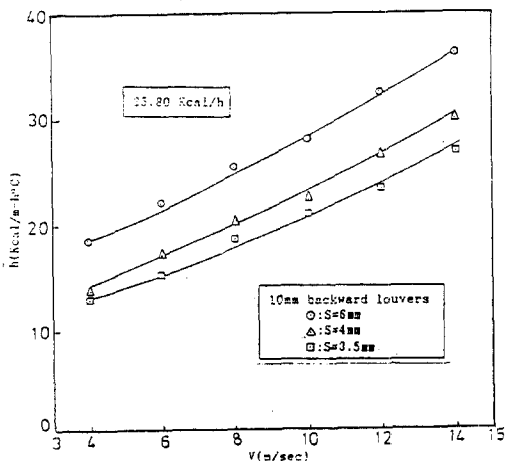


Fig. 5. Mean heat transfer coefficient versus air Velocity

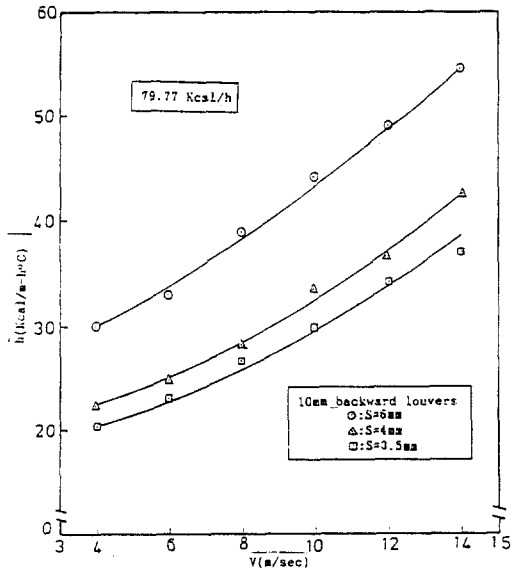


Fig. 6. Mean heat transfer coefficient versus air Velocity

Fig. 5는 루버위치가 10mm 뒤로 이동한 경우, 25.80kcal/h에서 풍속에 대한 평균열전달계수를 여러가지 핀 간격에 대하여 비교한 것을 나타내고 있다.

평균열전달계수는 속도가 증가하면 증가되었고 핀간격이 커짐에 따라 증가되었으나 루버위치가 중앙인 경우와 비교하면 다소 낮은 값을 나타낸다. 또한 S=3.5mm와 S=4mm인 경우는 그 값의 차이가 미소하였으나 S=3.5mm와 S=6mm인 경우의 그 값의 차는 현저한 차이가 있었다. 이는 핀간격이 적으면 열경계층의 상호간섭이 증가하여 핀으로부터의 열전달을 감소시키기 때문이다. 10m/sec에서 S=6mm인 경우, 루버위치가 중앙인 경우와 비교하면 35.5% 감소하였다. $q=79.77 \text{ kcal/h}$ 인 경우의 평균열전달계수는 Fig. 6에 나타내고 있다. 이 경우도 Fig. 5와 유사한 경향을 나타내었으나 다소 높은 값을 나타낸다.

Fig. 7은 루버위치가 중앙인 경우, 25.80 kcal/h에서 여러가지 핀간격에 대하여 풍속에 대한 단위압력강하당 평균열전달계수, $\bar{h}/\Delta P$ 를 나타내고 있다.

$\bar{h}/\Delta P$ 는 속도가 증가함에 따라 감소하였고 그 값의 차는 저속에서는 현저한 차이가 있으

나 고속에서는 미소한 차이가 있었다. 이는 고속에서 압력강하가 크기 때문이다. 최대값은 S=5mm에서 최소값은 S=3.5mm에서 나타났다. q=79.77kcal/h인 경우의 $\bar{h}/\Delta P$ 는 Fig. 8에 나타내었다.

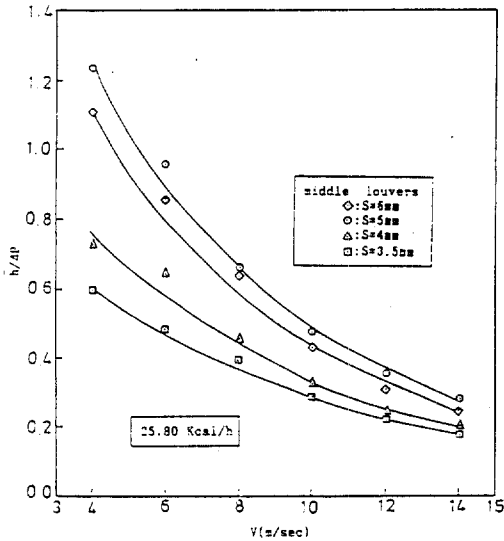


Fig. 7 $\bar{h}/\Delta P$ versus air Velocity

하여 풍속에 대한 단위압력강하당 평균열전달 계수, $\bar{h}/\Delta P$ 를 나타내고 있다. 이는 루버가 관후류에 위치하여 속도의 영향을 크게 받아 압력강하가 크기 때문이다. 최대값은 S=6mm에서 최소값은 S=3.5mm에서 나타내고 있다. 10m/sec에서 S=6mm인 경우, 루버 위치가 중앙인 경우와 비교하면 34.4% 감소하였다. q=79.77kcal/h인 경우의 $\bar{h}/\Delta P$ 는 Fig. 10에 나타내고 있다.

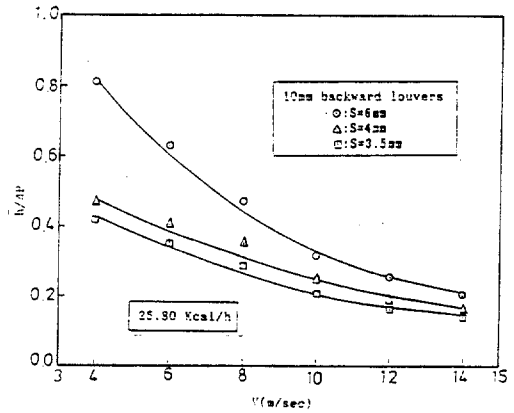


Fig. 9 $\bar{h}/\Delta P$ versus air Velocity

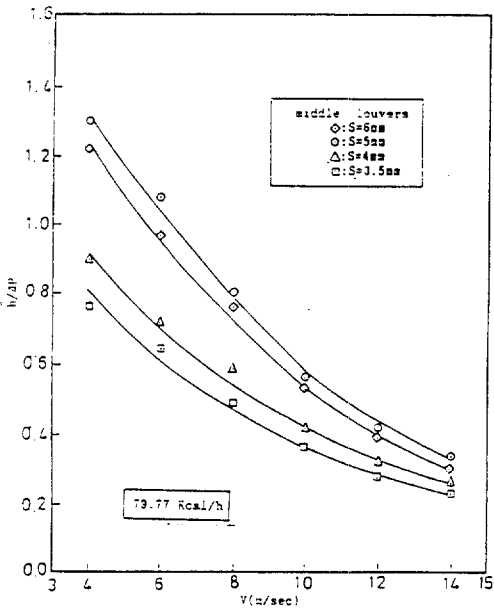


Fig. 8 $\bar{h}/\Delta P$ versus air Velocity

Fig. 9는 루버 위치가 10mm 뒤로 이동한 경우, 25.80kcal/h에서 여러가지 핀간격에 대

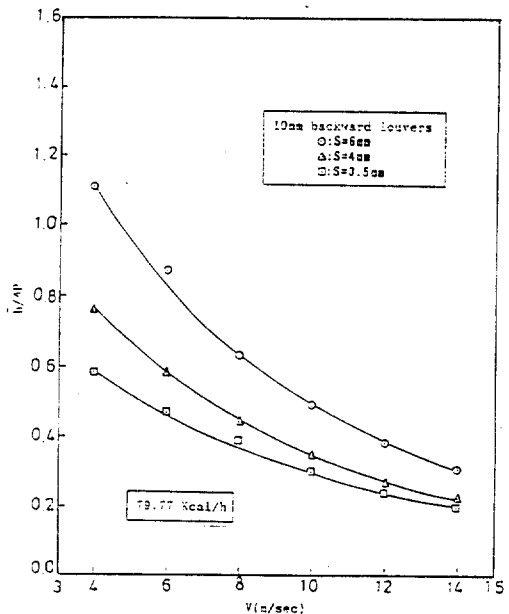


Fig. 10 $\bar{h}/\Delta P$ versus air Velocity

Fig.11은 루버위치가 중앙인 경우 25.80 kcal/h에서 여러가지 핀간격에 대하여 풍속에 대한 압력손실을 나타낸다. 압력손실은 속도가 증가하면 증가되었고 핀간격이 좁으면 크고, 넓으면 적게 나타내어 최소값은 S=6mm에서 최대값은 S=3.5mm에서 나타내고 있다. q=79.77kcal/h인 경우의 압력손실은 Fig.12에 나타내고 있다. 이 경우도 Fig.11과 유사한 경향을 나타낸다.

Fig.13은 루버위치가 10mm 뒤로 이동한 경우, 25.80 kcal/h에서 여러가지 핀간격에 대하여 풍속에 대한 압력손실을 나타낸다.

이 경우도 압력손실은 루버위치가 중앙인 경우와 유사한 경향을 나타내고 있으나 루버 핀이 뒤에 위치함으로 속도의 영향을 크게 받아 다소 높은 값을 나타낸다. 10m/sec에서 S=6mm인 경우, 루버위치가 중앙인 경우와 비교하면 22.2% 높게 나타내었다. q=79.77 kcal/h인 경우의 압력손실은 Fig.14에 나타내고 있다. 이 경우도 Fig.13과 유사한 경향을 나타낸다.

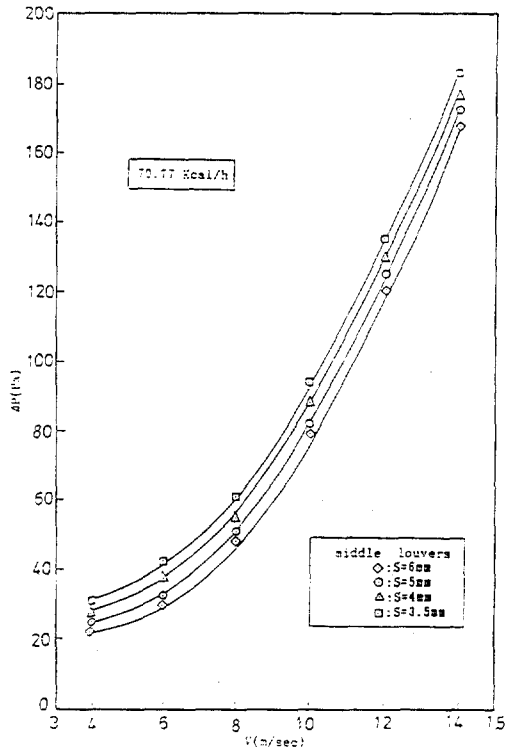


Fig.12 Pressure drop versus air Velocity

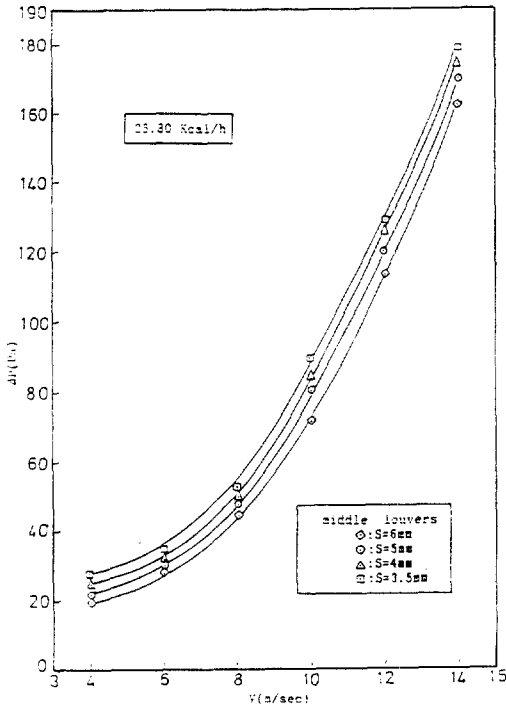


Fig.11 Pressure drop versus air Velocity

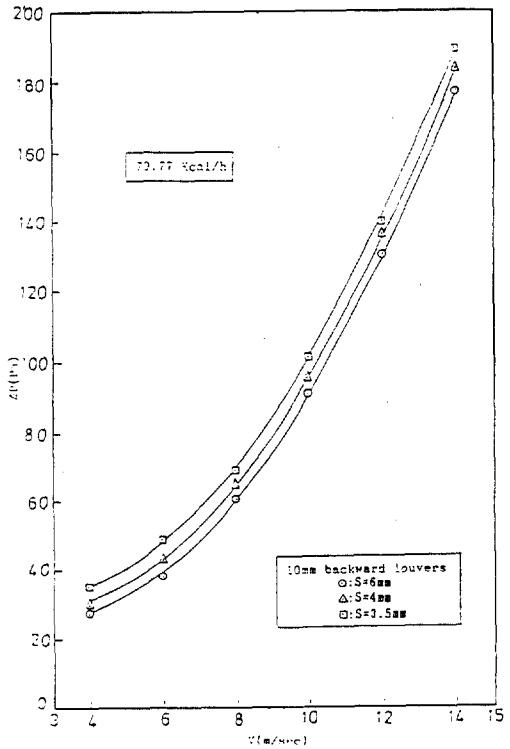


Fig.13 Pressure drop versus air Velocity

참 고 문 헌

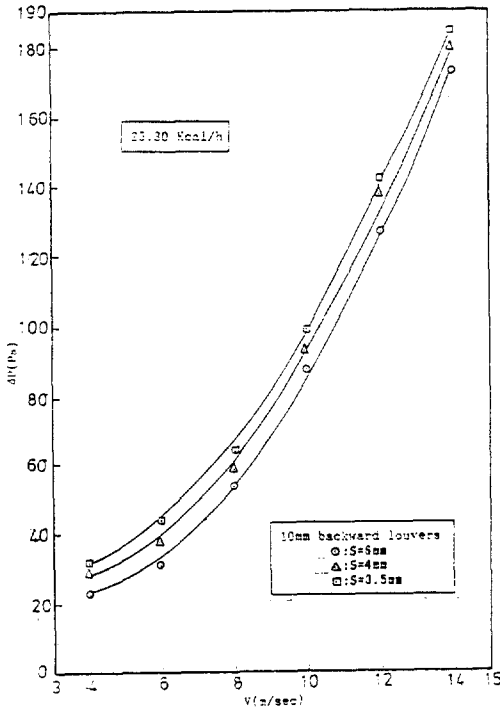


Fig.14 Pressure drop versus air Velocity

4. 결 론

Louvered fin 열교환기의 공기측 열전달을 여러가지 핀간격에 대하여 실험적으로 연구한 결과는 다음과 같다.

1. 평균열전달계수는 속도가 증가하면 증가되었고, 최적핀간격은 S=5mm에서 나타내고 있다.
2. 압력강하는 속도가 증가하면 증가되었고, 최대값은 S=3.5mm에서 최소값은 S=6mm에서 나타내고 있다.
3. $\bar{h}/\Delta P$ 는 속도가 증가함에 따라 감소하였고, 최대값은 S=5mm에서 최소값은 S=3.5mm에서 나타내고 있다.

1. Davenport, C.J., Heat Transfer and Flow Friction Characteristics of Louvered Heat Exchanger Surfaces, Heat Exchangers Theory and Practice. McGraw-Hill, pp. 397-417. 1983.
2. Hatada, T. and Senshu, T. Heat Transfer Characteristics of Convex Louvered Fins for Air Conditioning Heat Exchangers Trans. JSME, Ser. B. Vol. 50, No. 453, pp. 1415-1422. 1984.
3. Kurosaki, Y., Kashiwagi, H., Uzuhashi, H. and Tang, X.Z, Experimental Study of Heat Transfer of Parallel Louvered Fins through Laser Holographic Interferometry, Trans, JAR, Vol. 2, No. 2, pp. 31-39. 1985.
4. Yan. X., Zhang, H. and Tao. W., An Experimental Investigation of Heat Transfer and Pressure Drop Performance for Arrays of Staggered plates Aligned with Air Flows. Proc. Heat Transfer, Vol. 6, pp. 2891-2896. 1986.
5. Kwon. S. S., and Kim. S. J., Air-Side Heat Transfer in Louvered Fin Heat Exchangers, KSARE, Vol. 1, No. 1, pp. 82-86. 1989.
6. Kwon. S. S., Kim. S. J., and Chung. T. H., Effect of louvered positions on Air-Side Heat Transfer in Louvered Fin Heat Exchangers KSARE. Vol. 2, No. 2, pp. 99-104. 1990.