

피토크는 레이크의 형태로 설치되어 있는데, 위 그림에서와 같이 반경 방향으로 16개의 피토크가 배치된 레이크가 배관 안에 원주 방향으로 120° 간격으로 3세트 설치되어 있다. 단, 배관 중심에 위치한 피토크는 그 중 1세트에만 있으며 나머지 2세트에는 없으므로 나머지 2세트에는 15개씩의 피토크가 있다(총 46개 피토크). 이와 별도로 공기 유동의 전온도를 측정하는 kiel type 프로브 레이크가 있는데, 역시 3세트이며, 원주 방향으로 120° 간격으로 설치되어 있고, 각각 반경 방향으로 5개의 프로브에서 전온도를 측정한다(총 15개 프로브). 또한 05 section의 벽면에 40° 간격으로 9개의 측정용 hole을 설치하여 각각의 벽면 정압력을 측정한다. 공기 유량  $W_{05}$ 는 아래 식으로 계산한다.

$$W_{05} = \rho_{05} \frac{\pi}{4} D_{05}^2 V_{05} \quad (3.1.2.8)$$

여기에서  $V_{05} = M_{D,05} \times a_{05}$ ,  $a_{05} = \sqrt{\gamma R T_{s,05}}$ 이며,  $T_{s,05}$ 는

$$T_{s,05} = \frac{T_{t,05}}{\left(1 + \frac{\gamma-1}{2} M_{D,05}^2\right)} \quad (3.1.2.9)$$

로 계산한다. 또  $\rho_{05}$ 는

$$\frac{p_{s,05}}{R T_{s,05}} \quad (3.1.2.10)$$

로 계산한다. 이상에서  $\rho$ 는 공기 밀도,  $D$ 는 배관의 지름,  $V$ 는 유속,  $M$ 은 유동 마하 수,  $a$ 는 유동의 음속,  $\gamma$ 는 유체의 비열비,  $R$ 은 유체의 기체 상수,  $T$ 는 온도,  $p$ 는 압력이며, 하첨자 05는 05 section에서의 값,  $s$ 는 static 값,  $t$ 는 total 값을 의미한다.

즉, 공기 유량은 배관 내 정압력, 마하 수, 전온도 및 기타 몇 가지 상수의 함수이다. 여기에서 정압력은 반경 방향으로 일정하다고 가정하며, 원주 방향으로 여러 위치에서 측정한 정압력의 산술평균값이다. 그러나 마하수와 전온도는 반경 방향으로도 일정하지 않기 때문에 반경 방향으로 여러 지점에서 측정한 압력과 온도를 사용한 면적 평균값을 적용하여야 한다. 또한, 각 지점에서 전온도는 직접적인 측정값이지만 마하수는 아래와 같이 전압력과 정압력의 함수로 구한다.

$$M_{D,05,i} = \sqrt{\frac{2}{\gamma-1} \left( \frac{p_{t,05,i} - p_{s,05}}{p_{s,05}} \right)} \quad (3.1.2.11)$$

결과적으로 공기 유량은 각 프로브에서 측정한 전온도, 전압력, 정압력과 나머지 인자(덕트 직경, 기체 상수, 비열비, 프로브의 위치)의 함수이다. 이 나머지 인자는 상수로 가정하였다.

이제 실제 시험 데이터를 적용하여 이러한 공기 유량 측정 방법의 실효성을 알아보고 측정 불확도를 평가하였다. 시험 데이터는 선행 연구에서 획득한 데이터를 사용하였으며, 공기 유량 약 2~10 kg/s의 범위에서 5개의 공기 유량값에 대한 데이터이다. 시험 데이터 및 위 방법을 이용한 공기 유량 측정값과 기존의 벤투리 파이프를 이용한 공기 유량 측정값은 아래 표와 같다.