

# 소화배관의 수리계산법 약설(Ⅲ)

金 相 旭

〈김상욱 방재기술연구소 소장 / 소방기술사〉

## 5.2 Loop Piping

Loop Piping의 수리해석은 그 배경이 전기공학에서 단일폐회로에 대한 키르히호프의 법칙과 개념이 유사하다. 즉 하나의 Loop Piping에 있어서

- (1) 총유입유량은 총유출유량과 같다.
- (2) 배관내의 손실수두(또는 압력)의 대수합은 영(Zero)이다.

이 기본원칙에 따라 임의의 값을 설정해가면서 반복계산을 계속하여, 언고자 하는 분배유량을 산출한다는 것은 불가능하지는 않겠으나 엄청난 반복계산과 노력이 요구된다.

그래서 가능한 한 반복계산의 회수를 줄여서, 구하고자 하는 값에 쉽게 수렴되게 하는 방법으로 Hardy Cross 계산법이 많이 사용된다. Hardy Cross 방법에서는, 임의의 분배유량을 가정한 다음 수두손실(또는 압력)의 대수합이 영(Zero)에서 벗어나는 정도에 따라 보정유량을 산출하여 처음에 가정했던 유량을 보정하는 것이다.

유량보정치(Flow Correction Factor)는, 배관내의 수두손실의 대수합을 전배관에 걸쳐 단위유량의 수두 손실로 나누어줌으로써 구할 수 있다.

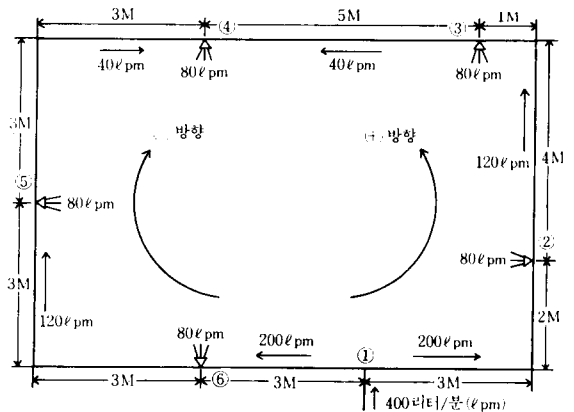
이 때의 산출계수는  $1/1.85$ 이며, 보정유량의 유수 방향은 배관내의 손실수두의 대수합의 방향과 당연히 반대가 된다.

Hardy Cross 방법에 의한 계산을 체계있게 하기 위해서는 표1 과 같은 양식을 이용하는 것이 편리하다.

표 1

Pipe Section	Pipe 의 길이	부속의 등가 길이	총 등가 길이	反 復 1				反 復 2					
				流水量 (F)	損失壓力 (P <sub>f</sub> )	P <sub>f</sub> /F	流水補正値 (F')	流水量 (F)	損失壓力 (P <sub>f</sub> )	P <sub>f</sub> /F	流水補正値 (F')		
				合計 (Σ)									
流水補正値 = - (Σ P <sub>f</sub> / 1.85 × Σ (P <sub>f</sub> /F))													

표 2



지면관계로 이 계산법의 도출과정에 대한 해석은 일단 생략하기로 하고, 이 표를 이용한 계산법을 표2 와 같은 Loop Piping에 대해 적용해보기로 한다.

표2의 그림에서 계산의 편의와 이해를 돕기 위해

일단 다음의 사항을 전제한다.

(1) Loop Pipe의 크기는 호칭구경 50mm이고, 규격은 KSD3507 아연도탄소강 강관이다.

(2) 각 노즐에서는 80리터/분의 동일한 방수량이 나타나고 있다.(노즐에서의 방수압력이 실제로 모두 같을 수는 없을 것이므로 이 경우에는 각 노즐의 방출계수가 조금씩 다르다고 생각하면 될 것이다)

(3) 배관의 접속부속은 90°엘보로서 등가길이는 1m이다.

이 전제하에서 앞에서 제시한 표를 이용하여 계산하기에 앞서 계산절차로서 다음과 같은 사항을 설정한다.

(1)그림에서와 같이 배관을 구간별로 나눈다.

(2)구간별로 일단 임의의 유량을 설정한다.이 경우 배관의 기하학적 모양을 잘 관찰하여 분배유량을 적절히 정할 필요가 있는데 다소간의 계산경험에 의한 판단이 중요하다. 만약 지나치게 불합리한 유량을 설정하면 Hardy Cross 계산과정에서 얻고자 하는 결과로 수렴되지 않고 오히려 발산하는 경우가 있다. 본 계산에서는 구간 ③ - ④ 및 ④ - ⑤에 대해 40리터/분의 유량과 유수방향을 가정하였다.

(3)분배되는 유수의 방향에 대해 부호(+ 또는 -)를 설정한다. 어느 한쪽 방향을 +로 잡으면 그 반대방향은 -이다.

이상과 같은 사항을 염두에 두면서 계산하면 그 결과는 표3과 같다. 이 계산에서 압력손실의 크기는 계산의 정밀성을 위해 보통 g/cm<sup>2</sup>로 구한 값을 취한다.

표 3

Pipe Section	Pipe Length	구경	반 복 계 산 I				반 복 계 산 II			
			Flow Rate Q <sub>1</sub>	손실압력 P <sub>1</sub>	P <sub>1</sub> -F	유량보정치 C <sub>n</sub>	Flow Rate F <sub>2</sub> = C <sub>n</sub> Q <sub>1</sub>	손실압력 P <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> -F <sub>2</sub>	유량보정치 C <sub>n</sub>
1-2	5	5.6	200	41.5	0.2065		184.9	35.7	0.1951	
2-3	5	6.6	120	16.0	0.1333		104.9	12.5	0.1192	
3-4	5	5	40	1.6	0.0100	15.1	24.9	0.7	0.0281	
4-5	6	7.6	40	2.4	0.0600		55.1	4.4	0.0800	0.08
5-6	6	7.6	120	18.5	0.1542		145.1	23.0	0.1702	
6-1	4	4	200	18.8	0.0910		215.1	-21.6	0.1000	
			Σ	102	0.680		Σ	0.1	0.6906	
			ΣP <sub>1</sub> = 185 Σ(P <sub>1</sub> -F <sub>1</sub> ) = 1.85 × 0.6800		19.2	ΣP <sub>2</sub> = 1.85 Σ(P <sub>2</sub> -F <sub>2</sub> ) = 1.85 × 0.6906		0.11	C <sub>n</sub> = 0.08이므로 구하고자 하는 Flow Rate는 40리터이다.	

계산결과를 볼 때 반복과정 II에서 분배유량의 대수합이 -0.1이 되었다. 이 값은 영(Zero)에 매우 가깝다. 이 정도의 정확도이면 만족한 결과로 인정할 수 있다. 보통 유량보정치(C<sub>n</sub>)가 ±1이하이면 당시에 계산된 분배유량을 실제로 적용시켜도 무방하다.

실제에 있어 옥외 Transformer등에 대한 물분무

설비는 Transformer 주위에 Loop Piping을 하는 일이 많고 적절한 Water Density를 주기 위하여 노즐의 선택에 있어서도 그 방출계수가 같지 않은 경우가 많다.

이 때에 있어서는 배관의 기하학적 모양을 관찰하여 일단 최소 방수압이 예상되는 노즐에 대해 설계조건에서 주어진 최소한의 방수압을 설정하여 그 노즐에서의 방수량을 공급하는 좌우의 분배유량을 가정하고, 이 가정위에서 「5.1.1」 또는 「5.1.2」에서의 수리계산절차에 따라 노즐간의 각 구간별 유량과 각 노즐에서의 총압을 구한 다음 각 구간별 유량을 Hardy Cross 계산법에 따라 보정하면 처음에 최소방수압으로 가정하였던 노즐의 좌우 구간에 대해 보정된 유량이 얻어진다.

그러면 이 보정된 유량에서 다시 출발하여 「5.1.1」 또는 「5.1.2」에서의 수리계산절차에 따라 다시 각 구간별 유량과 노즐에서의 총압을 계산하고 재차 Hardy Cross 계산법에 따라 구간유량을 보정한다.

이 계산절차의 교대식 반복은 Loop 배관과 급수유입배관과의 접속점에서 두 분기관으로 부터 계산되어 온 각 총압이 서로 일치될 때까지 시행함으로써 계산이 완료되며 이 때의 일치된 총압과 그 때까지의 구간별 유량이 최종적으로 얻고자 하는 결과가 된다.

## 6. 맺음말

지금까지 실제에 응용할 수 있는 수리계산법에 대해 살펴보았으나 이 계산법들이 다소 복잡한 하지만 내용적으로 결코 그다지 난해한 것은 아니다.

다만 다소간 숙련을 요하므로 스스로 실례를 만들면서 반복연습함으로써 수리계산법을 자신의 것으로 만들 수 있을 것으로 확신한다.

### ※ 참고문헌

- (1) 유체역학 : 손병진 저
- (2) Hydraulics for Fire Protection: Harry E. Hickey 저
- (3) Loss Prevention Handbook: FM
- (4) Fire Protection Handbook: NFPA
- (5) Sprinkler Hydraulics: Harold S. Wass, Jr. 저
- (6) Sprinkler Hydraulic Calculation, Fire Surveyor, Vol. 8, 1979: Victor Green Publications Ltd, UK
- (7) Sprinkler Systems, Standard 13, NFPA CODE: NFPA