K-Fire 스프링클러 수리계산 결과 검증 보고서

— PIPENET 과의 비교 —

2026. 10.20

한국화재연구소

목 차

1. 요약 4

1.1 검증 목적 4

1.2 검증 조건 4

1.3 합격 기준 5

1.4 비교 결과 5

1.5 차이 원인 6

1.6 결론 6

2. 비교 대상과 조건 7

2.1 비교 대상 프로그램 7

2.2 계산 조건 7

2.3 입력 방식 비교 8

3. 검증 방법 9

3.1 같은 입력 만들기 9

3.2 부속 등가길이 산정 확인 9

3.3 합격 기준 9

3.4 비교 항목 10

4. 사례 1: 트리형 배관망 11

4.1 배관망 개요 11

4.2 입력 동일성 확인 12

4.3 결과 요약 12

4.4 헤드별 결과 12

4.5 결론 14

5. 사례 2: 그리드형 배관망 15

5.1 배관망 개요 15

5.2 입력 동일성 확인 16

5.3 결과 요약 16

5.4 루프 유량 분배 16

5.5 헤드별 결과 18

5.6 결론 19

6. 차이 원인 분석 20

6.1 두 프로그램의 Hazen-Williams 식 20

6.2 관경과 유속별 차이 20

6.3 결과에 미치는 영향 21

7. 결론 22

8. 부록 23

8.1 트리형 전 배관 결과 23

8.2 그리드형 전 배관 결과 25

8.3 PIPENET 원본 출력 발췌 28

8.3 PIPENET 원본 출력 발췌 28

(목차가 비어 보이면 목차 위에서 마우스 오른쪽 → 필드 업데이트)

1. 요약

1.1 검증 목적

본 보고서는 스프링클러 수리계산 프로그램 K-Fire 의 계산 결과를 검증하기 위해 작성하였다. 비교 대상은 세계적으로 널리 사용되며 한국에서 가장 많이 사용되는 수리계산 프로그램 PIPENET 이다. 같은 입력 조건에서 두 프로그램의 결과를 비교하였다.

1.2 검증 조건

항목	내용
계산 방식	최원단 헤드 1.0 bar 기준 Demand Mode(설계유량 산정)
마찰손실 식	Hazen-Williams, C = 120
배관	KSD 3507 (내경 동일 적용)
헤드	K = 80 (L/min/bar^½) 원거리헤드 최소방수압 1bar
부속 손실	K-Fire 가 NFPA 13 기준으로 산정한 배관별 등가길이를 PIPENET 에 동일 입력
검증 배관망	트리형(헤드 30 개), 그리드형(헤드 112 개 중 30 개 작동)

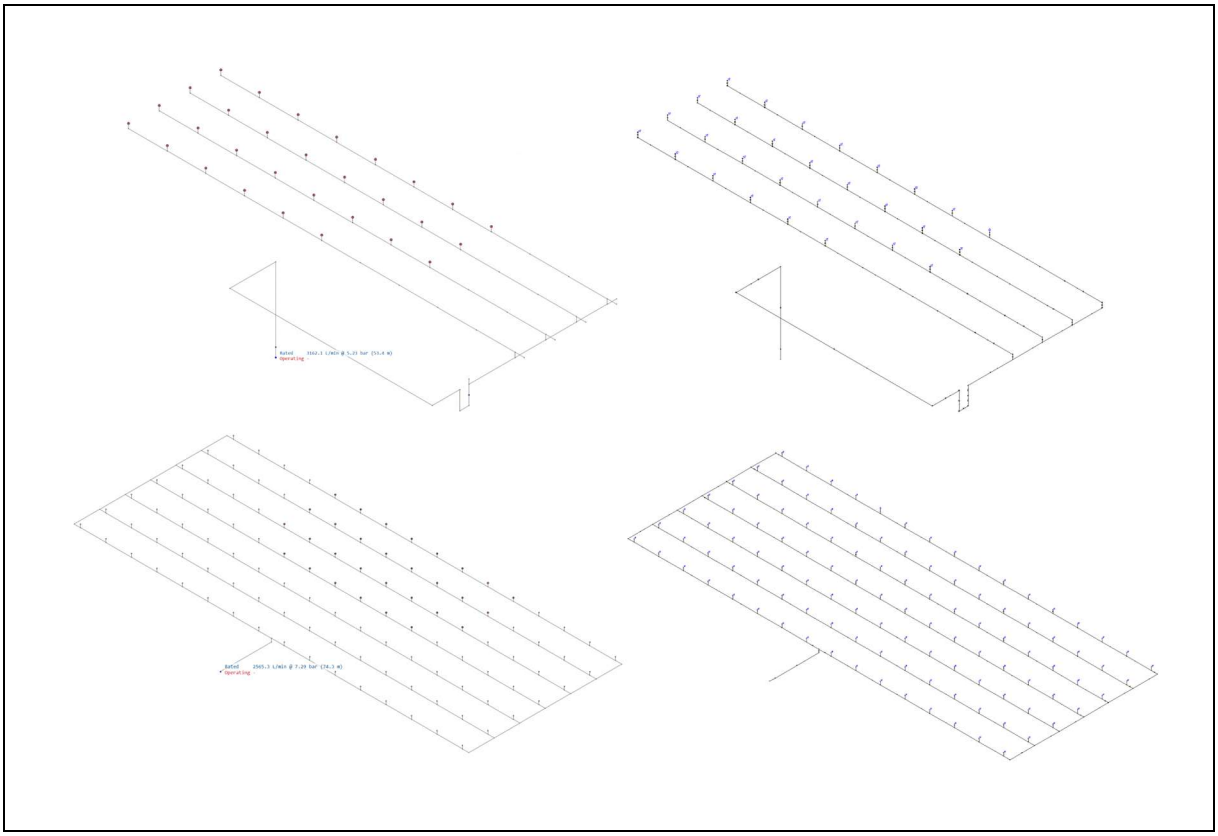


그림 1. 검증 배관망 구성 (위: 트리형, 아래: 그리드형 / 왼쪽: K-Fire, 오른쪽: PIPENET)

1.3 합격 기준

NFPA 13 은 수리계산 정밀도로 접속점 압력 균형 0.03 bar 이내를 요구한다. 이 값은 프로그램 결과를 비교시 검증하는 값은 아니지만 이 값을 참고하여, 더 엄격한 기준을 정했다.

비교 항목	합격 기준
헤드 압력	±0.01 bar 이하
헤드 방수량, 배관 유량	±0.5% 이하
노드 압력 (공급점 포함)	±1% 이하

1.4 비교 결과

트리형 배관망 (헤드 30 개)

항목	K-Fire	PIPENET	차이	판정
설계유량 (L/min)	**3,162.1**	**3,161.0**	−0.03%	합격
공급압력 (bar)	**5.234**	**5.223**	−0.011 bar (−0.21%)	합격
최원단 헤드	**N523**	**N523**	일치	합격
헤드 압력 최대 차이			0.003 bar	합격
헤드 방수량 최대 차이			0.08%	합격
배관 유량 최대 차이			0.10%	합격
노드 압력 최대 차이			0.25%	합격
유량 방향			전 배관 일치	합격

그리드형 배관망 (헤드 112 개 중 30 개 작동, 루프 6 개)

항목	K-Fire	PIPENET	차이	판정
설계유량 (L/min)	**2,565.3**	**2,564.6**	−0.03%	합격
공급압력 (bar)	**7.286**	**7.257**	−0.029 bar (−0.39%)	합격
최원단 헤드	**N486**	**N486**	일치	합격
헤드 압력 최대 차이			0.001 bar	합격
헤드 방수량 최대 차이			0.05%	합격
배관 유량 최대 차이			0.05%	합격
노드 압력 최대 차이			0.39%	합격
유량 방향			전 배관 일치	합격

1.5 차이 원인

두 프로그램 모두 마찰손실 계산에 Hazen-Williams 식을 사용한다. K-Fire 는 프로그램에 내장된 EPANET 해석 엔진의 정밀 Hazen-Williams 식(유량 지수 1.852, 관경 지수 4.871)을 사용한다. 두 프로그램의 미세한 결과 차이는 식의 계수와 지수의 유효자리, 그리고 단위 환산 정밀도의 차이에서 기인한다. 배관 하나의 마찰손실 차이는 −0.2~+0.7%이며, 유량이 클수록 K-Fire 가 약간 크게 산정한다. K-Fire 가 펌프압력을 0.011~0.029 bar 더 미세하게 높게 산정하였으나 거의 의미가 없는 수치이다.

1.6 결론

1. 같은 입력 조건에서 K-Fire 와 PIPENET 의 결과는 전 항목에서 합격 기준을 만족하였다. 헤드 압력 차이는 최대 0.003 bar, 유량 차이는 최대 0.1%다.
2. 두 프로그램의 결과 차이는 Hazen-Williams 식의 계수와 지수의 유효자리 및 단위 환산 정밀도 차이 수준이며, 두 배관망 모두 K-Fire 가 공급압력을 무의미한 값이지만 미세하게 높게 산정하였다.
3. 또한 K-Fire 는 도면에서 부속 등가길이를 자동 산정하므로, 개략도와 계산 입력이 분리된 방식에서 생길 수 있는 입력 실수가 구조적으로 발생하지 않는다.

2. 비교 대상과 조건

2.1 비교 대상 프로그램

구분	K-Fire	PIPENET VISION
개발사	한국화재연구소	Sunrise Systems (영국)
해석 엔진	EPANET 2.2 (프로그램에 내장)	자체 엔진
마찰손실 식	Hazen-Williams	Hazen-Williams
루프 해석	지원	지원

PIPENET 은 세계적으로 널리 사용되며, 국내에서 가장 많이 사용되는 스프링클러 수리계산 프로그램이다. 그래서 비교 기준으로 삼았다.

K-Fire 는 해석 엔진으로 EPANET 을 내장하고 있다. EPANET 은 미국 환경보호청(EPA)이 개발해 공개한 배관망 해석 프로그램으로, 상수도 배관망 해석에서 표준처럼 쓰인다. K-Fire 는 이 엔진의 정밀 Hazen-Williams 식을 그대로 사용한다.

2.2 계산 조건

두 프로그램에 아래 조건을 똑같이 적용했다.

항목	적용 조건
계산 방식	최말단 헤드 압력 1.0 bar 를 만족하는 설계유량과 공급압력을 구한다
마찰손실 식	Hazen-Williams, C = 120
배관	KSD 3507. 호칭경별 내경은 두 프로그램에 같은 값을 넣었다 (25A 27.5 mm, 50A 53.2 mm 등)
헤드	K = 80 (L/min/bar^½), 최소 방수압 1.0 bar
부속 손실	배관별 등가길이. K-Fire 가 NFPA 13 기준으로 산정한 값을 PIPENET 에 같은 값으로 넣었다
물의 밀도	1,000 kg/m³
속도수두	계산에 넣지 않음 (두 프로그램 공통)
수렴 기준	PIPENET: 수렴 정밀도 1×10^{-4}. K-Fire: 압력 0.005 m 이내

부속 손실을 같은 값으로 넣은 이유는 이렇다. 이번 비교의 목적은 **계산 엔진이 같은 답을 내는지** 확인하는 것이다. 부속 손실까지 각자 산정하면 결과 차이가 엔진에서 온 것인지, 부속 산정에서 온 것인지 가릴 수 없다. 그래서 부속 손실은 K-Fire 의 산정기준으로 값을 맞추고 엔진만 비교했다. K-Fire 의 부속 산정은 NFPA 13 규칙을 따른다.

2.3 입력 방식 비교

두 프로그램은 배관망을 입력하는 방식이 다르다.

구분	K-Fire	PIPENET
배관 작도	실제 형상대로 3 차원 작도	개략도 작도 (계산에 쓰이지 않는 그림)
배관 길이	직접 입력	직접 입력
표고(높이차)	배관길이 입력시 자동 산정	배관마다 따로 입력
부속(등가길이)	자동 산정 (NFPA 13 기준)	배관마다 부속 종류와 개수를 입력

두 프로그램 모두 배관 구경과 길이는 사용자가 입력한다. 다만 PIPENET 은 길이와 높이차를 배관마다 따로 넣는다. 그림은 계산에 쓰이지 않으므로, 그림이 실제 배관과 달라도 계산은 그대로 진행된다. 입력값이 실제 배관과 맞는지는 사용자가 따로 확인해야 한다.

K-Fire 는 배관을 그린 방향과 길이가 곧 계산 입력이다. 높이차는 작도 방향에서 자동으로 계산되고, 부속은 도면 형상에서 자동으로 산정된다. 그림과 계산이 어긋날 여지가 처음부터 없다.

3. 검증 방법

3.1 같은 입력 만들기

1. **K-Fire Demand 계산:** 최원단 헤드 1.0 bar 기준으로 계산하고, 배관별 부속 등가길이를 확정한다.
2. **배관망 옮기기:** 노드와 배관을 K-Fire 와 같은 번호로 PIPENET 에 옮긴다. 두 프로그램의 결과를 같은 번호끼리 바로 대조할 수 있다. 트리형 도면의 막힌 끝 배관 6 개(유량 0)는 PIPENET 입력 규칙에 따라 제외하였다.
3. **배관 값 옮기기:** 배관마다 길이, 호칭경, 높이차, C 값을 그대로 옮긴다. 내경은 PIPENET 배관 라이브러리에 K-Fire 와 같은 값으로 넣는다.
4. **등가길이 옮기기:** K-Fire 가 산정한 등가길이를 PIPENET 의 "등가길이 직접 지정" 항목으로 넣는다. PIPENET 이 자체 부속 산정을 하지 않도록 했다.
5. **헤드 옮기기:** 작동 헤드는 K=80, 최소 방수압 1.0 bar 노즐로 넣는다.

3.2 부속 등가길이 산정 확인

등가길이는 K-Fire 값과 PIPENET 값을 동일하게 입력하였다. K-Fire 의 부속 산정은 NFPA 13 규칙을 따른다.

NFPA 13 의 규칙은 다음과 같다.

- 티에서 흐름이 90° 꺾이는 경우(분기)에만 등가길이를 적용하고, 곧게 지나가는 경우(직류)에는 적용하지 않는다.
- 등가길이는 Schedule 40 기준 표값에 실제 내경비와 C 값비로 보정한다.

두 도면의 모든 분기점을 좌표와 유량 방향으로 다시 분류하고, K-Fire 산정 결과와 대조했다.

분기점 형태	트리형	그리드형	K-Fire 산정
90° 분기	35 곳	38 곳	모두 티(분기) 등가길이 적용
직류 통과	29 곳	82 곳	모두 미적용
일치율	64/64 (100%)	120/120 (100%)	

3.3 합격 기준

NFPA 13 은 수리계산 정밀도로 접속점 압력 균형 0.03 bar 이내를 요구한다. 본 검증은 이 값을 참고해, 두 프로그램의 결과 비교에 그보다 엄격한 기준을 정했다.

비교 항목	합격 기준
헤드 압력	±0.01 bar 이하
헤드 방수량, 배관 유량	±0.5% 이하
노드 압력 (공급점 포함)	±1% 이하

3.4 비교 항목

- 설계유량과 공급압력
- 최원단 헤드의 위치
- 작동 헤드 전체의 압력과 방수량
- 전 배관의 유량, 유속, 유량 방향
- 전 노드의 압력

4. 사례 1: 트리형 배관망

4.1 배관망 개요

펌프에서 입상관으로 올라가 교차배관을 거쳐 가지관 4 줄로 나뉘는 가지식 배관망이다. 작동 헤드 30 개는 모두 같은 층에 있다.

항목	값
배관 수	93 개
노드 수	94 개
헤드	30 개 (전부 작동)
총연장	249.52 m
관경	25A, 32A, 40A, 50A, 65A, 100A, 125A, 150A
공급점(펌프) 표고	16 m
헤드 표고	26 m
밸브	알람밸브 1, 스윙 체크밸브 1

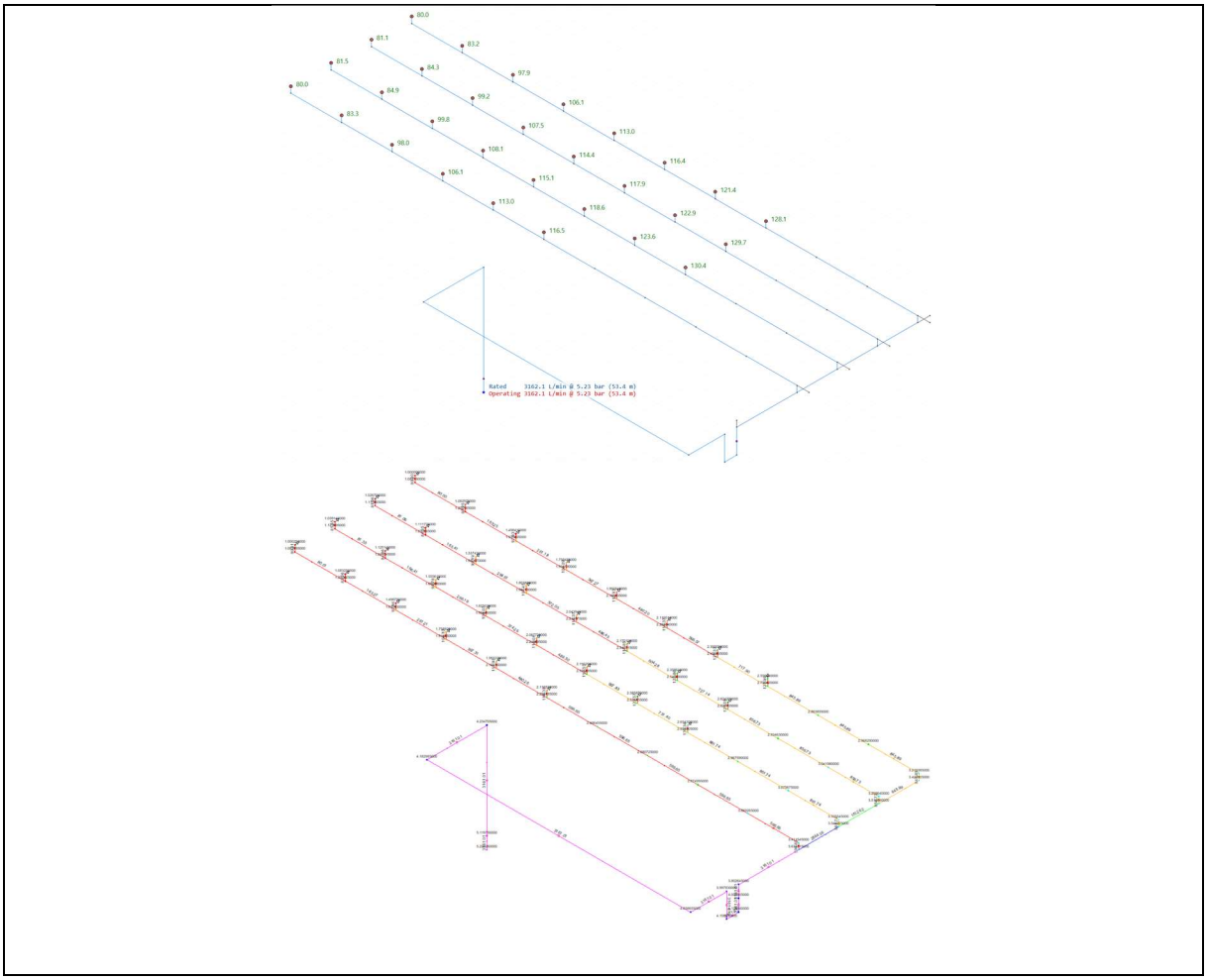


그림 2. 트리형 배관망 (왼쪽: K-Fire, 오른쪽: PIPENET)

4.2 입력 동일성 확인

PIPENET 이 실제로 읽어 들인 입력을 PIPENET 출력에서 다시 뽑아 K-Fire 입력과 대조했다.

항목	K-Fire	PIPENET	비고
배관 수	93	87	막힌 끝 배관 6 개 제외 (유량 0)
작동 헤드 수	30	30	동일 (K=80)
25A 길이 합 (m)	48.60	48.60	동일
32A 길이 합 (m)	16.80	16.80	동일
40A 길이 합 (m)	16.80	16.80	동일
50A 길이 합 (m)	63.50	63.50	동일
65A 길이 합 (m)	42.64	42.64	동일
100A 길이 합 (m)	6.68	6.68	동일
125A 길이 합 (m)	5.00	5.00	동일
150A 길이 합 (m)	44.00	44.00	동일
등가길이 합 (m)	153.395	153.394	동일 (출력 표기 자릿수 차이)
배관별 길이·관경·C 불일치		0 개	87 개 배관 1:1 대조

제외한 막힌 끝 배관은 P421, P457, P493, P529, P646, P659 이다(25A, 길이 0.5~1.0 m). 위 길이 합은 이 6 개를 뺀 값이다.

4.3 결과 요약

항목	K-Fire	PIPENET	차이	판정
설계유량 (L/min)	**3,162.1**	**3,161.0**	−0.03%	합격
공급압력 (bar)	**5.234**	**5.223**	−0.011 bar (−0.21%)	합격
최원단 헤드	**N523 (1.000 bar)**	**N523 (1.000 bar)**	일치	합격
헤드 압력 최대 차이			0.003 bar	합격
헤드 방수량 최대 차이			0.08%	합격
배관 유량 최대 차이			0.10%	합격
노드 압력 최대 차이			0.25%	합격
유량 방향			전 배관 일치	합격

4.4 헤드별 결과

작동 헤드 30 개의 압력과 방수량을 압력이 낮은 순서로 정리했다.

No	헤드	압력 K-Fire (bar)	압력 PIPENET (bar)	차이 (bar)	방수량 K-Fire (L/min)	방수량 PIPENET (L/min)	차이 (%)
1	N523	0.9996	1.0000	+0.0004	79.99	80.00	+0.007
2	N599	1.0001	1.0003	+0.0001	80.02	80.01	−0.006
3	N559	1.0263	1.0267	+0.0004	81.06	81.06	+0.005
4	N579	1.0388	1.0391	+0.0004	81.55	81.55	+0.004
5	N517	1.0825	1.0830	+0.0005	83.25	83.25	+0.008
6	N594	1.0831	1.0833	+0.0002	83.27	83.26	−0.006
7	N554	1.1113	1.1117	+0.0004	84.35	84.35	+0.005
8	N574	1.1248	1.1251	+0.0004	84.85	84.86	+0.004
9	N521	1.4984	1.4984	+0.0001	97.94	97.93	−0.012
10	N600	1.4991	1.4988	−0.0003	97.96	97.94	−0.025
11	N560	1.5374	1.5374	0.0000	99.21	99.19	−0.014
12	N580	1.5557	1.5556	−0.0001	99.79	99.78	−0.016
13	N526	1.7589	1.7585	−0.0004	106.11	106.09	−0.025
14	N585	1.7598	1.7589	−0.0009	106.14	106.10	−0.038
15	N545	1.8044	1.8039	−0.0005	107.48	107.45	−0.027
16	N565	1.8256	1.8250	−0.0006	108.11	108.08	−0.029
17	N514	1.9938	1.9928	−0.0010	112.98	112.93	−0.037
18	N592	1.9948	1.9933	−0.0015	113.01	112.95	−0.050
19	N552	2.0450	2.0439	−0.0011	114.42	114.37	−0.040
20	N572	2.0689	2.0678	−0.0012	115.09	115.04	−0.042
21	N528	2.1173	2.1160	−0.0013	116.42	116.37	−0.044
22	N591	2.1184	2.1165	−0.0019	116.45	116.39	−0.057
23	N551	2.1716	2.1701	−0.0015	117.91	117.85	−0.047
24	N571	2.1968	2.1953	−0.0016	118.59	118.53	−0.049
25	N530	2.3020	2.3001	−0.0019	121.40	121.33	−0.055
26	N555	2.3607	2.3586	−0.0021	122.93	122.86	−0.058
27	N575	2.3881	2.3859	−0.0022	123.64	123.57	−0.060
28	N509	2.5624	2.5594	−0.0029	128.08	127.99	−0.071
29	N549	2.6273	2.6242	−0.0031	129.69	129.59	−0.073
30	N569	2.6576	2.6544	−0.0033	130.44	130.34	−0.075

통계	압력 차이 (bar)	방수량 차이 (%)
최대 (절대값)	0.0033	0.075
평균 (절대값)	0.0011	0.033

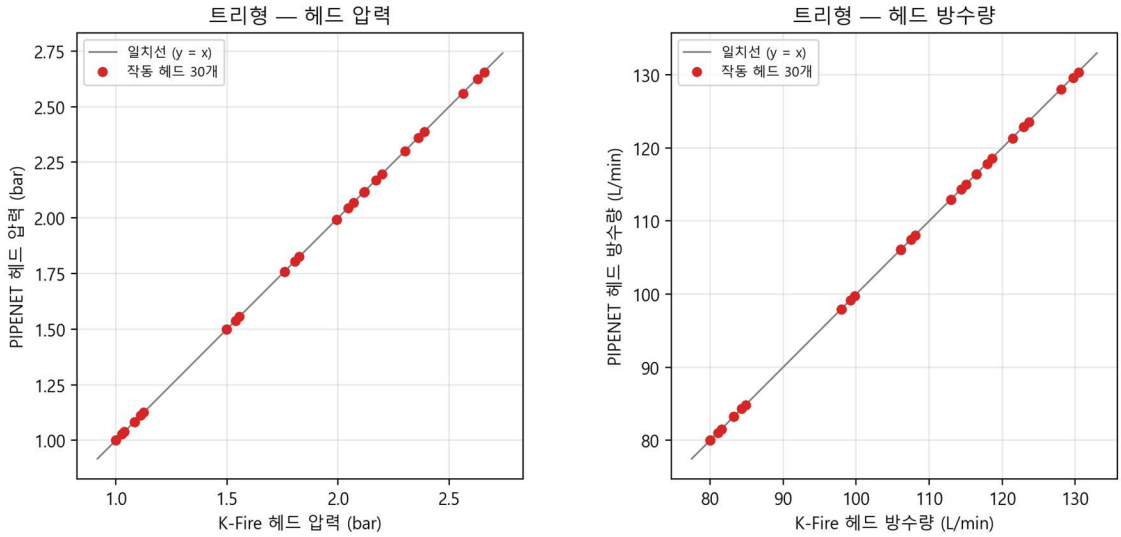


그림 3. 트리형 헤드 압력과 방수량 비교. 30 개 점이 모두 일치선(y = x) 위에 놓인다.

4.5 결론

트리형 배관망에서 두 프로그램은 같은 최원단 헤드(N523)를 찾았다. 설계유량 차이는 0.03%, 헤드 압력 차이는 최대 0.003 bar 다. 모든 항목이 합격 기준을 만족한다.

헤드 압력 차이는 최원단 헤드에서 0 에 가깝고, 펌프에 가까운 헤드일수록 조금씩 커진다. 펌프 쪽으로 갈수록 마찰손실이 쌓이기 때문이다. 6 장에서 설명하는 Hazen-Williams 식 정밀도 차이와 같은 방향이다.

5. 사례 2: 그리드형 배관망

5.1 배관망 개요

세로 배관 7 줄의 양 끝을 위·아래 교차배관이 잇는 그리드형 배관망이다. 맨 왼쪽 줄이 주관이며, 공급점은 이 주관 가운데에 붙는다. 작동 헤드 30 개는 오른쪽 가지관 4 줄에 있다.

항목	값
배관 수	247 개
노드 수	242 개
헤드	112 개 (작동 30 개, 비작동 82 개)
독립 루프 수	6 개
총연장	546.50 m
관경	25A, 40A, 50A, 65A, 100A
공급점(펌프) 표고	−0.5 m
헤드 표고	0.5 m
밸브	스모렌스키 체크밸브 1

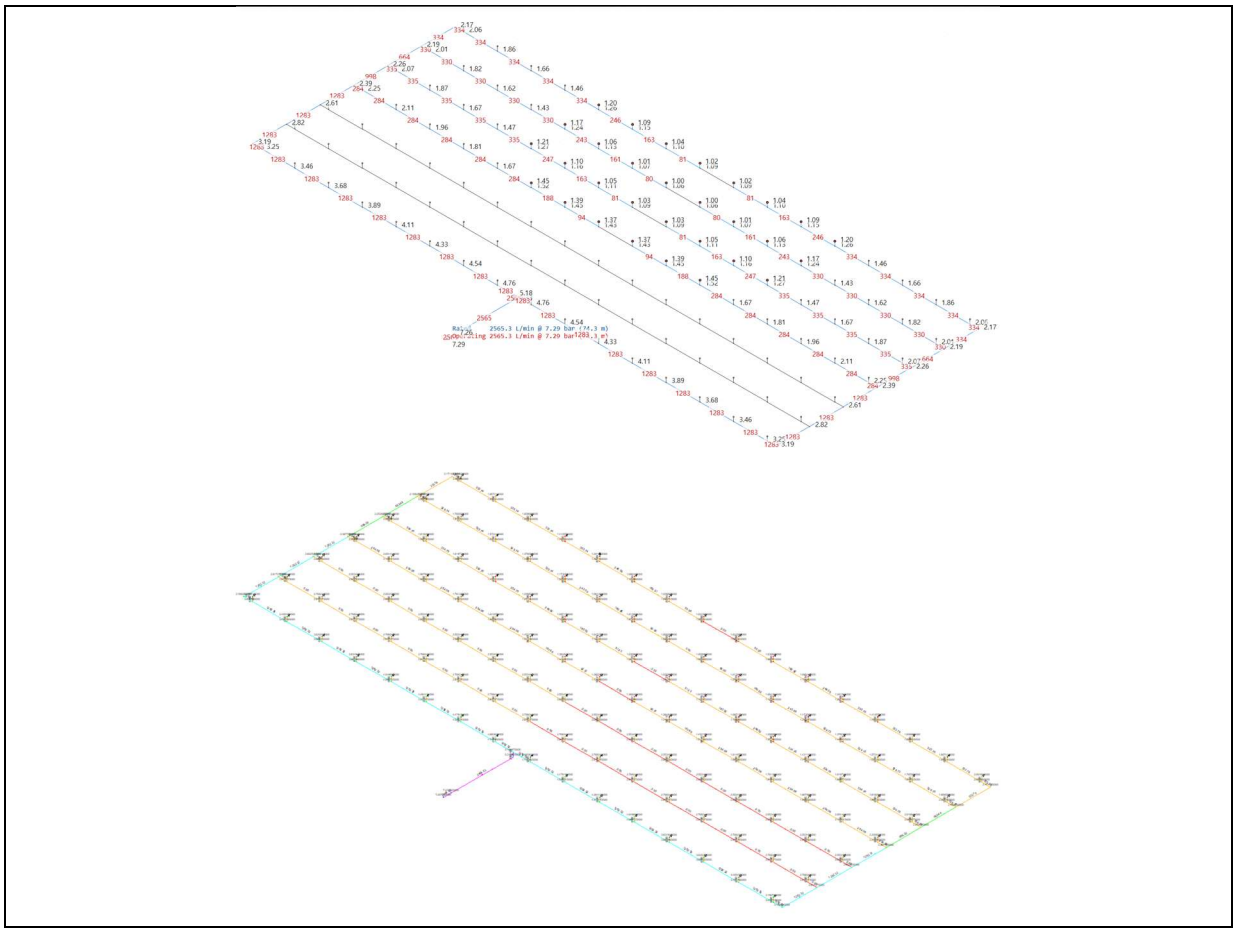


그림 4. 그리드형 배관망 (위: K-Fire, 아래: PIPENET)

5.2 입력 동일성 확인

항목	K-Fire	PIPENET	비고
배관 수	247	247	동일
작동 헤드 수	30	30	동일 (K=80)
비작동 헤드 수	82	82	꺼짐 상태로 입력
25A 길이 합 (m)	3.00	3.00	동일
40A 길이 합 (m)	414.00	414.00	동일
50A 길이 합 (m)	3.50	3.50	동일
65A 길이 합 (m)	117.50	117.50	동일
100A 길이 합 (m)	8.50	8.50	동일
등가길이 합 (m)	193.898	193.896	동일 (출력 표기 자릿수 차이)
배관별 길이·관경·C 불일치		0 개	247 개 배관 1:1 대조

5.3 결과 요약

항목	K-Fire	PIPENET	차이	판정
설계유량 (L/min)	**2,565.3**	**2,564.6**	−0.03%	합격
공급압력 (bar)	**7.286**	**7.257**	−0.029 bar (−0.39%)	합격
최원단 헤드	**N486 (1.000 bar)**	**N486 (1.000 bar)**	일치	합격
헤드 압력 최대 차이			0.001 bar	합격
헤드 방수량 최대 차이			0.05%	합격
배관 유량 최대 차이			0.05%	합격
노드 압력 최대 차이			0.39%	합격
유량 방향			전 배관 일치	합격

5.4 루프 유량 분배

그리드형은 물이 여러 경로로 나뉘어 흐른다. 어느 경로로 얼마가 흐를지는 경로마다 압력손실이 같아지도록 반복 계산해서 정해진다. 그래서 그리드형에서는 유량이 어떻게 나뉘는지가 가장 중요한 비교 항목이다.

공급점에서 들어온 물은 왼쪽 주관에서 위아래로 나뉜다. 그다음 위·아래 교차배관을 지나, 작동 헤드가 있는 가지관 4 줄로 **양쪽 끝에서 동시에** 들어간다. 배관망이 공급점을 기준으로 위아래 대칭이라서 위쪽과 아래쪽 유입량이 같다.

구간	배관	K-Fire (L/min)	PIPENET (L/min)	차이 (%)
주관: 공급점에서 위쪽으로	P649	**1,282.6**	**1,282.0**	−0.050
주관: 공급점에서 아래쪽으로	P665	**1,282.6**	**1,282.0**	−0.050
가지관 1: 위쪽 끝 유입	P713	**284.2**	**284.1**	−0.032
가지관 1: 아래쪽 끝 유입	P698	**284.2**	**284.1**	−0.032
가지관 2: 위쪽 끝 유입	P714	**334.8**	**334.8**	−0.014
가지관 2: 아래쪽 끝 유입	P699	**334.8**	**334.8**	−0.014
가지관 3: 위쪽 끝 유입	P715	**329.8**	**329.7**	−0.028
가지관 3: 아래쪽 끝 유입	P700	**329.8**	**329.7**	−0.028
가지관 4: 위쪽 끝 유입	P716	**333.8**	**333.7**	−0.032
가지관 4: 아래쪽 끝 유입	P701	**333.8**	**333.7**	−0.032

가지관 4 줄의 유량은 284~335 L/min 으로 고르지 않다. 공급점에서 가까운 가지관 1 은 헤드가 적어(6 개) 유량이 작고, 나머지 3 줄은 헤드가 8 개씩이다. 이 분배를 두 프로그램이 0.05% 안에서 같게 계산했다.

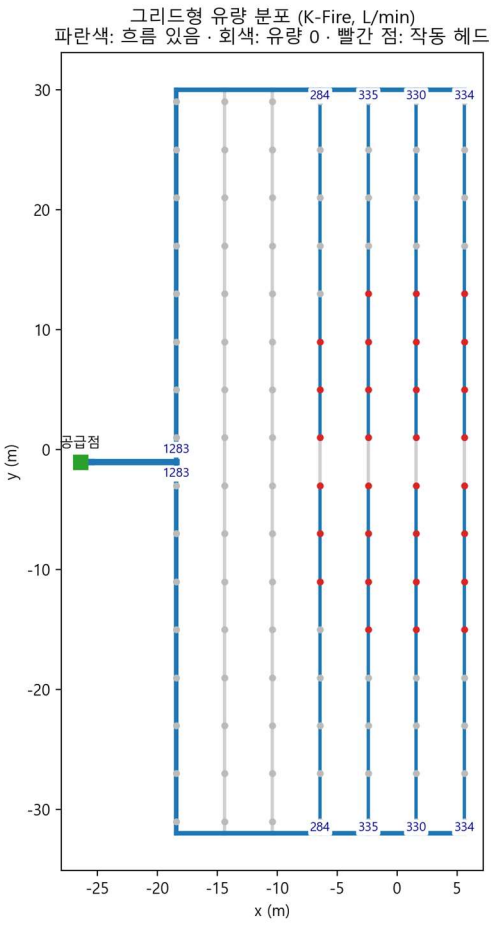


그림 5. 그리드형 유량 분포(K-Fire). 회색은 유량이 0 인 배관이다. 비작동 헤드만 있는 가지관 2 줄과, 위아래 흐름이 만나는 가지관 가운데 배관이 여기에 해당한다. PIPENET 도 같은 배관을 유량 0 으로 계산했다.

5.5 헤드별 결과

No	헤드	압력 K-Fire (bar)	압력 PIPENET (bar)	차이 (bar)	방수량 K-Fire (L/min)	방수량 PIPENET (L/min)	차이 (%)
1	N486	1.0000	1.0000	0.0000	80.01	80.00	−0.015
2	N509	1.0000	1.0000	0.0000	80.01	80.00	−0.015
3	N499	1.0139	1.0139	0.0000	80.57	80.55	−0.014
4	N507	1.0139	1.0139	0.0000	80.57	80.55	−0.014
5	N92	1.0246	1.0246	0.0000	80.99	80.98	−0.016
6	N103	1.0246	1.0246	0.0000	80.99	80.98	−0.016
7	N519	1.0310	1.0310	−0.0001	81.24	81.23	−0.017
8	N542	1.0310	1.0310	−0.0001	81.24	81.23	−0.017
9	N85	1.0388	1.0388	0.0000	81.55	81.54	−0.015
10	N104	1.0388	1.0388	0.0000	81.55	81.54	−0.015
11	N532	1.0453	1.0453	−0.0001	81.80	81.79	−0.017
12	N540	1.0453	1.0453	−0.0001	81.80	81.79	−0.017
13	N496	1.0644	1.0644	−0.0001	82.55	82.53	−0.016
14	N516	1.0644	1.0644	−0.0001	82.55	82.53	−0.016
15	N93	1.0905	1.0904	−0.0001	83.55	83.54	−0.018
16	N90	1.0905	1.0904	−0.0001	83.55	83.54	−0.018
17	N549	1.0973	1.0972	−0.0001	83.81	83.80	−0.019
18	N529	1.0973	1.0972	−0.0001	83.81	83.80	−0.019
19	N488	1.1733	1.1731	−0.0003	86.67	86.65	−0.025
20	N490	1.1733	1.1731	−0.0003	86.67	86.65	−0.025
21	N71	1.2019	1.2016	−0.0003	87.72	87.69	−0.026
22	N81	1.2019	1.2016	−0.0003	87.72	87.69	−0.026
23	N523	1.2093	1.2090	−0.0003	87.99	87.96	−0.027
24	N521	1.2093	1.2090	−0.0003	87.99	87.96	−0.027
25	N552	1.3672	1.3663	−0.0009	93.55	93.51	−0.046
26	N575	1.3672	1.3663	−0.0009	93.55	93.51	−0.046
27	N565	1.3857	1.3848	−0.0009	94.19	94.14	−0.046
28	N573	1.3857	1.3848	−0.0009	94.19	94.14	−0.046
29	N562	1.4532	1.4522	−0.0010	96.45	96.40	−0.049
30	N582	1.4532	1.4522	−0.0010	96.45	96.40	−0.049

통계	압력 차이 (bar)	방수량 차이 (%)
최대 (절대값)	0.0010	0.049
평균 (절대값)	0.0003	0.024

헤드가 두 개씩 같은 값을 갖는 것은 배관망이 위아래 대칭이기 때문이다. 두 프로그램 모두 이 대칭을 그대로 계산했다.

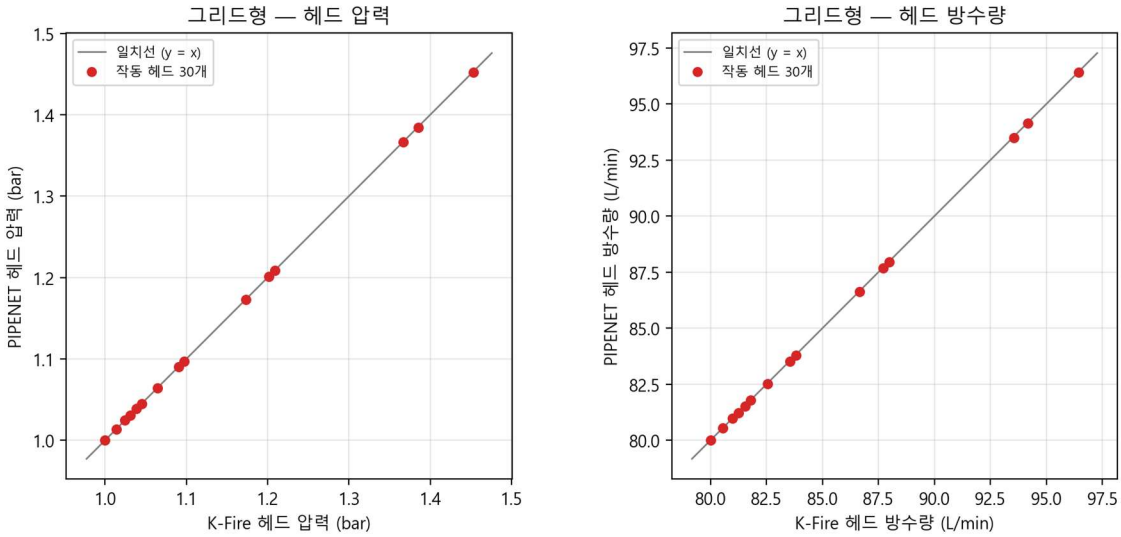


그림 6. 그리드형 헤드 압력과 방수량 비교.

5.6 결론

그리드형 배관망에서 두 프로그램은 같은 최원단 헤드(N486)를 찾았다. 헤드 압력 차이는 최대 0.001 bar, 루프 유량 분배 차이는 0.05% 이내다. 유량이 0 인 배관까지 두 프로그램의 계산이 같았다. 모든 항목이 합격 기준을 만족한다.

공급압력 차이(0.029 bar)가 트리형보다 큰 것은 공급점 앞에 등가길이가 큰 스모렌스키 체크밸브(100A, 70.7 m)가 있기 때문이다. 이 구간 하나에서 0.012 bar 가 생긴다. 대구경에 공급유량 전량(2,565 L/min)이 흐르는 구간이라, 6 장의 식 정밀도 차이가 가장 크게 나타난다.

6. 차이 원인 분석

6.1 두 프로그램의 Hazen-Williams 식

Hazen-Williams 식은 원래 영미 단위로 만들어진 실험식이다. 각 프로그램은 이 식을 미터 단위로 바꿔 쓴다. 이때 계수와 지수를 몇 자리까지 쓰느냐에 따라 아주 작은 차이가 생긴다.

두 식을 같은 단위(마찰손실 bar/m, 유량 L/min, 내경 mm)로 나타내면 다음과 같다.

$$p = \frac{k \cdot Q^a}{C^a \cdot d^b}$$

구분	계수 k	유량 지수 a	관경 지수 b	확인 방법
K-Fire (EPANET 정밀식)	6.073×10^5	1.852	4.871	EPANET 식의 단위 환산
PIPENET	6.05×10^5	1.85	4.87	PIPENET 출력의 배관별 마찰손실을 역산

PIPENET 쪽 값은 추정이 아니다. PIPENET 이 출력한 배관별 유량과 마찰손실을 위 식에 넣어 역산하면, 마찰손실이 0.01 bar 이상인 배관 모두에서 ±0.1% 안으로 맞는다. 남는 ±0.1%는 출력 표기 자릿수 때문이다.

6.2 관경과 유속별 차이

같은 배관, 같은 유량에서 두 식의 마찰손실 차이는 다음과 같다(K-Fire 기준, C = 120).

관경	유속 1 m/s	유속 3 m/s	유속 6 m/s
25A	−0.19%	+0.03%	+0.17%
40A	−0.06%	+0.16%	+0.30%
50A	+0.01%	+0.23%	+0.37%
65A	+0.09%	+0.31%	+0.45%
100A	+0.21%	+0.43%	+0.57%
150A	+0.33%	+0.55%	+0.69%

차이는 −0.2~+0.7% 범위이고, 유량이 클수록 K-Fire 가 조금 크게 계산한다. 유량 지수가 1.852, 구경지수가 4.871 로 파이프넷의 1.85 와 4.87 보다 약간 크기 때문이다. K-Fire 의 1.852 와 4.871 이 소수점 셋째자리까지 더 정밀하게 반영한 값이다.

6.3 결과에 미치는 영향

Demand 계산은 최말단 헤드를 1.0 bar 로 맞추기 위해 펌프 용량을 찾는 계산방법이다. 그래서 최말단 헤드에서 1.0bar 로 시작해 펌프로 갈수록 필요한 압력이 높아진다.

펌프에 이르면 차이는 트리형 0.011 bar, 그리드형 0.029 bar 가 된다. 무의미한 결과지만 두 배관망 모두 대유량이 흐르는 대구경 주배관과 밸브 구간의 영향이 커서, K-Fire 가 공급압력을 미세하게 높게 계산했다. 펌프를 고를 때 조금 더 여유 있는 쪽, 곧 안전측이다.

정리하면, 두 프로그램의 차이는 계산 방법의 차이가 아니라 같은 식을 몇 자리까지 쓰느냐의 차이다. 그 크기는 실무에서 의미 없는 수준이며 두 프로그램의 결과값은 사실상 동일하다고 할 수 있다.

7. 결론

1. 트리형과 그리드형 두 배관망에서, K-Fire 와 PIPENET 의 역산 결과는 모든 항목에서 합격 기준을 만족하였다. 헤드 압력 차이는 최대 0.003 bar, 헤드 방수량과 배관 유량 차이는 최대 0.1%다.
2. 두 프로그램은 같은 최말단 헤드를 찾았고, 그리드형의 루프 유량 분배와 모든 배관의 유량 방향도 같았다.
3. 결과 차이는 Hazen-Williams 식의 계수와 지수의 유효자리 및 단위 환산 정밀도 차이에서 온다. 사실상 두 프로그램의 계산결과값은 동일하였다.
4. K-Fire 의 티 등가길이 적용은 두 배관망의 분기점 184 곳 모두에서 NFPA 13 규칙과 일치하였다.
5. K-Fire 는 실제 형상의 도면에서 표고와 부속 등가길이를 직접 산정한다. 그래서 개략도와 계산 입력이 분리된 방식에서 생길 수 있는 입력 불일치가 구조적으로 발생하지 않는다.

이상의 결과로, K-Fire 의 수리계산 결과는 국내에서 가장 많이 쓰이는 PIPENET 과 동일한 수준으로 신뢰할 수 있다고 판단한다.

8. 부록

8.1 트리형 전 배관 결과

배관	관경	길이 (m)	등가길이 (m)	유량 K-Fire (L/min)	유량 PIPENET (L/min)	차이 (%)	유속 K-Fire (m/s)	유속 PIPENET (m/s)
P400	50A	0.50	3.200	596.8	596.6	-0.041	4.475	4.474
P435	100A	3.34	0.000	2565.3	2564.0	-0.049	4.909	4.908
P436	65A	0.50	5.898	862.1	861.7	-0.042	3.842	3.841
P471	100A	3.34	0.000	1703.2	1703.0	-0.012	3.260	3.259
P472	65A	0.50	5.898	857.0	856.7	-0.039	3.820	3.819
P507	65A	3.34	0.000	846.2	845.9	-0.031	3.772	3.770
P508	65A	0.50	5.898	846.2	845.9	-0.031	3.772	3.770
P509	65A	4.20	5.898	846.2	845.9	-0.031	3.772	3.770
P511	65A	4.20	0.000	846.2	845.9	-0.031	3.772	3.770
P513	65A	4.20	0.000	846.2	845.9	-0.031	3.772	3.770
P514	25A	0.50	1.764	128.1	128.0	-0.059	3.594	3.591
P515	50A	4.20	0.000	718.1	717.9	-0.026	5.384	5.383
P516	25A	0.50	1.764	121.4	121.3	-0.079	3.406	3.405
P517	50A	4.20	0.000	596.7	596.6	-0.016	4.474	4.473
P518	25A	0.50	1.764	116.4	116.4	-0.021	3.267	3.265
P519	50A	4.20	0.000	480.3	480.2	-0.015	3.601	3.600
P520	25A	0.50	1.764	113.0	112.9	-0.068	3.170	3.169
P521	40A	4.20	0.000	367.3	367.3	+0.002	4.398	4.397
P522	25A	0.50	1.764	106.1	106.1	-0.012	2.978	2.977
P523	32A	4.20	0.000	261.2	261.2	+0.008	4.229	4.229
P524	25A	0.50	1.764	97.9	97.9	-0.009	2.748	2.748
P525	25A	4.20	0.000	163.2	163.3	+0.036	4.581	4.581
P526	25A	0.50	1.764	83.2	83.2	+0.004	2.336	2.336
P527	25A	4.20	0.000	80.0	80.0	+0.007	2.245	2.245
P528	25A	0.50	0.706	80.0	80.0	+0.007	2.245	2.245
P543	65A	4.20	5.898	857.0	856.7	-0.039	3.820	3.819
P545	65A	4.20	0.000	857.0	856.7	-0.039	3.820	3.819
P547	65A	4.20	0.000	857.0	856.7	-0.039	3.820	3.819
P548	25A	0.50	1.764	129.7	129.6	-0.070	3.639	3.636
P549	50A	4.20	0.000	727.3	727.1	-0.034	5.454	5.452
P550	25A	0.50	1.764	122.9	122.9	-0.027	3.450	3.448
P551	50A	4.20	0.000	604.4	604.3	-0.019	4.532	4.531
P552	25A	0.50	1.764	117.9	117.9	-0.005	3.308	3.307
P553	50A	4.20	0.000	486.5	486.4	-0.022	3.648	3.647
P554	25A	0.50	1.764	114.4	114.4	-0.017	3.211	3.209
P555	40A	4.20	0.000	372.1	372.1	+0.003	4.455	4.455

배관	관경	길이 (m)	등가길이 (m)	유량 K-Fire (L/min)	유량 PIPENET (L/min)	차이 (%)	유속 K-Fire (m/s)	유속 PIPENET (m/s)
P556	25A	0.50	1.764	107.5	107.4	-0.071	3.016	3.015
P557	32A	4.20	0.000	264.6	264.6	-0.005	4.285	4.285
P558	25A	0.50	1.764	99.2	99.2	-0.019	2.784	2.783
P559	25A	4.20	0.000	165.4	165.4	-0.002	4.641	4.642
P560	25A	0.50	1.764	84.3	84.3	+0.004	2.367	2.367
P561	25A	4.20	0.000	81.1	81.1	+0.004	2.274	2.275
P562	25A	0.50	0.706	81.1	81.1	+0.004	2.274	2.275
P563	65A	4.20	5.898	862.1	861.7	-0.042	3.842	3.841
P565	65A	4.20	0.000	862.1	861.7	-0.042	3.842	3.841
P567	65A	4.20	0.000	862.1	861.7	-0.042	3.842	3.841
P568	25A	0.50	1.764	130.4	130.3	-0.104	3.660	3.657
P569	50A	4.20	0.000	731.6	731.4	-0.031	5.486	5.484
P570	25A	0.50	1.764	123.6	123.6	-0.036	3.470	3.467
P571	50A	4.20	0.000	608.0	607.8	-0.030	4.559	4.557
P572	25A	0.50	1.764	118.6	118.5	-0.076	3.328	3.326
P573	50A	4.20	0.000	489.4	489.3	-0.018	3.669	3.669
P574	25A	0.50	1.764	115.1	115.0	-0.074	3.229	3.228
P575	40A	4.20	0.000	374.3	374.3	-0.001	4.481	4.481
P576	25A	0.50	1.764	108.1	108.1	-0.006	3.033	3.033
P577	32A	4.20	0.000	266.2	266.2	+0.001	4.311	4.311
P578	25A	0.50	1.764	99.8	99.8	-0.015	2.800	2.800
P579	25A	4.20	0.000	166.4	166.4	-0.002	4.669	4.669
P580	25A	0.50	1.764	84.9	84.9	+0.006	2.381	2.381
P581	25A	4.20	0.000	81.5	81.5	+0.003	2.288	2.288
P582	25A	0.50	0.706	81.5	81.5	+0.003	2.288	2.288
P583	50A	4.20	3.200	596.8	596.6	-0.041	4.475	4.474
P585	50A	4.20	0.000	596.8	596.6	-0.041	4.475	4.474
P587	50A	4.20	0.000	596.8	596.6	-0.041	4.475	4.474
P589	50A	4.20	0.000	596.8	596.6	-0.041	4.475	4.474
P591	50A	4.20	0.000	596.8	596.6	-0.041	4.475	4.474
P592	25A	0.50	1.764	116.5	116.4	-0.046	3.268	3.266
P593	50A	4.20	0.000	480.4	480.3	-0.019	3.602	3.601
P594	25A	0.50	1.764	113.0	112.9	-0.093	3.171	3.169
P595	40A	4.20	0.000	367.4	367.3	-0.024	4.399	4.398
P596	25A	0.50	1.764	106.1	106.1	-0.037	2.978	2.977
P597	32A	4.20	0.000	261.2	261.2	-0.018	4.231	4.230
P598	25A	0.50	1.764	98.0	97.9	-0.025	2.749	2.748
P599	25A	4.20	0.000	163.3	163.3	+0.010	4.582	4.582
P600	25A	0.50	1.764	83.3	83.3	-0.010	2.337	2.336
P601	25A	4.20	0.000	80.0	80.0	-0.007	2.245	2.245
P602	25A	0.50	0.706	80.0	80.0	-0.007	2.245	2.245

배관	관경	길이 (m)	등가길이 (m)	유량 K-Fire (L/min)	유량 PIPENET (L/min)	차이 (%)	유속 K-Fire (m/s)	유속 PIPENET (m/s)
P651	150A	3.00	4.494	3162.1	3161.0	-0.035	2.775	2.774
P653	150A	2.00	4.494	3162.1	3161.0	-0.035	2.775	2.774
P654	150A	1.00	4.494	3162.1	3161.0	-0.035	2.775	2.774
P655	150A	1.00	4.494	3162.1	3161.0	-0.035	2.775	2.774
P657	125A	5.00	8.164	3162.1	3161.0	-0.035	3.964	3.963
P658	150A	1.00	17.347	3162.1	3161.0	-0.035	2.775	2.774
P660	150A	22.00	4.494	3162.1	3161.0	-0.035	2.775	2.774
P663	150A	5.00	4.494	3162.1	3161.0	-0.035	2.775	2.774
P664	150A	8.00	10.450	3162.1	3161.0	-0.035	2.775	2.774
P665	150A	1.00	0.000	3162.1	3161.0	-0.035	2.775	2.774

유량이 0 인 배관 0 개(비작동 헤드 가지 등)는 표에서 생략했다. 두 프로그램 모두 0 으로 계산했다.

8.2 그리드형 전 배관 결과

배관	관경	길이 (m)	등가길이 (m)	유량 K-Fire (L/min)	유량 PIPENET (L/min)	차이 (%)	유속 K-Fire (m/s)	유속 PIPENET (m/s)
P71	40A	0.50	2.763	81.0	81.0	-0.012	0.970	0.970
P72	40A	4.00	0.000	81.0	81.0	-0.012	0.970	0.970
P73	40A	0.50	2.763	81.5	81.5	-0.012	0.976	0.976
P74	40A	4.00	0.000	162.5	162.5	-0.024	1.946	1.946
P75	40A	0.50	2.763	83.6	83.5	-0.015	1.000	1.000
P76	40A	4.00	0.000	246.1	246.1	+0.003	2.946	2.946
P77	40A	0.50	2.763	87.7	87.7	-0.029	1.050	1.050
P78	40A	4.00	0.000	333.8	333.7	-0.032	3.997	3.996
P80	40A	4.00	0.000	333.8	333.7	-0.032	3.997	3.996
P82	40A	4.00	0.000	333.8	333.7	-0.032	3.997	3.996
P84	40A	4.00	0.000	333.8	333.7	-0.032	3.997	3.996
P87	40A	0.50	2.763	81.0	81.0	-0.012	0.970	0.970
P89	40A	4.00	0.000	81.0	81.0	-0.012	0.970	0.970
P90	40A	0.50	2.763	81.5	81.5	-0.012	0.976	0.976
P91	40A	4.00	0.000	162.5	162.5	-0.025	1.946	1.946
P92	40A	0.50	2.763	83.6	83.5	-0.015	1.000	1.000
P93	40A	4.00	0.000	246.1	246.1	+0.003	2.946	2.946
P94	40A	0.50	2.763	87.7	87.7	-0.029	1.050	1.050
P95	40A	4.00	0.000	333.8	333.7	-0.032	3.997	3.996
P97	40A	4.00	0.000	333.8	333.7	-0.032	3.997	3.996
P99	40A	4.00	0.000	333.8	333.7	-0.032	3.997	3.996
P101	40A	4.00	0.000	333.8	333.7	-0.032	3.997	3.996
P485	40A	0.50	2.763	80.0	80.0	-0.015	0.958	0.958

배관	관경	길이 (m)	등가길이 (m)	유량 K-Fire (L/min)	유량 PIPENET (L/min)	차이 (%)	유속 K-Fire (m/s)	유속 PIPENET (m/s)
P486	40A	4.00	0.000	80.0	80.0	-0.015	0.958	0.958
P487	40A	0.50	2.763	80.6	80.5	-0.020	0.965	0.965
P488	40A	4.00	0.000	160.6	160.6	+0.014	1.923	1.922
P489	40A	0.50	2.763	82.5	82.5	-0.022	0.988	0.988
P490	40A	4.00	0.000	243.1	243.1	-0.011	2.911	2.910
P491	40A	0.50	2.763	86.7	86.7	-0.020	1.038	1.037
P492	40A	4.00	0.000	329.8	329.7	-0.028	3.949	3.948
P494	40A	4.00	0.000	329.8	329.7	-0.028	3.949	3.948
P496	40A	4.00	0.000	329.8	329.7	-0.028	3.949	3.948
P498	40A	4.00	0.000	329.8	329.7	-0.028	3.949	3.948
P501	40A	0.50	2.763	80.0	80.0	-0.015	0.958	0.958
P503	40A	4.00	0.000	80.0	80.0	-0.015	0.958	0.958
P504	40A	0.50	2.763	80.6	80.5	-0.020	0.965	0.965
P505	40A	4.00	0.000	160.6	160.6	+0.014	1.923	1.922
P506	40A	0.50	2.763	82.5	82.5	-0.022	0.988	0.988
P507	40A	4.00	0.000	243.1	243.1	-0.010	2.911	2.910
P508	40A	0.50	2.763	86.7	86.7	-0.020	1.038	1.037
P509	40A	4.00	0.000	329.8	329.7	-0.028	3.949	3.948
P511	40A	4.00	0.000	329.8	329.7	-0.028	3.949	3.948
P513	40A	4.00	0.000	329.8	329.7	-0.028	3.949	3.948
P515	40A	4.00	0.000	329.8	329.7	-0.028	3.949	3.948
P518	40A	0.50	2.763	81.2	81.2	-0.016	0.973	0.973
P519	40A	4.00	0.000	81.2	81.2	-0.016	0.973	0.973
P520	40A	0.50	2.763	81.8	81.8	-0.018	0.979	0.979
P521	40A	4.00	0.000	163.0	163.0	-0.029	1.952	1.952
P522	40A	0.50	2.763	83.8	83.8	-0.015	1.003	1.003
P523	40A	4.00	0.000	246.9	246.8	-0.024	2.956	2.955
P524	40A	0.50	2.763	88.0	88.0	-0.030	1.053	1.053
P525	40A	4.00	0.000	334.8	334.8	-0.014	4.009	4.008
P527	40A	4.00	0.000	334.8	334.8	-0.014	4.009	4.008
P529	40A	4.00	0.000	334.8	334.8	-0.014	4.009	4.008
P531	40A	4.00	0.000	334.8	334.8	-0.014	4.009	4.008
P534	40A	0.50	2.763	81.2	81.2	-0.016	0.973	0.973
P536	40A	4.00	0.000	81.2	81.2	-0.016	0.973	0.973
P537	40A	0.50	2.763	81.8	81.8	-0.018	0.979	0.979
P538	40A	4.00	0.000	163.0	163.0	-0.029	1.952	1.952
P539	40A	0.50	2.763	83.8	83.8	-0.015	1.003	1.003
P540	40A	4.00	0.000	246.9	246.8	-0.024	2.956	2.955
P541	40A	0.50	2.763	88.0	88.0	-0.030	1.053	1.053
P542	40A	4.00	0.000	334.8	334.8	-0.014	4.009	4.008
P544	40A	4.00	0.000	334.8	334.8	-0.014	4.009	4.008

배관	관경	길이 (m)	등가길이 (m)	유량 K-Fire (L/min)	유량 PIPENET (L/min)	차이 (%)	유속 K-Fire (m/s)	유속 PIPENET (m/s)
P546	40A	4.00	0.000	334.8	334.8	-0.014	4.009	4.008
P548	40A	4.00	0.000	334.8	334.8	-0.014	4.009	4.008
P551	40A	0.50	2.763	93.6	93.5	-0.046	1.120	1.120
P552	40A	4.00	0.000	93.6	93.5	-0.046	1.120	1.120
P553	40A	0.50	2.763	94.2	94.1	-0.049	1.128	1.127
P554	40A	4.00	0.000	187.7	187.7	-0.021	2.248	2.247
P555	40A	0.50	2.763	96.5	96.4	-0.054	1.155	1.154
P556	40A	4.00	0.000	284.2	284.1	-0.032	3.403	3.401
P558	40A	4.00	0.000	284.2	284.1	-0.032	3.403	3.401
P560	40A	4.00	0.000	284.2	284.1	-0.032	3.403	3.401
P562	40A	4.00	0.000	284.2	284.1	-0.032	3.403	3.401
P564	40A	4.00	0.000	284.2	284.1	-0.032	3.403	3.401
P567	40A	0.50	2.763	93.6	93.5	-0.046	1.120	1.120
P569	40A	4.00	0.000	93.6	93.5	-0.046	1.120	1.120
P570	40A	0.50	2.763	94.2	94.1	-0.049	1.128	1.127
P571	40A	4.00	0.000	187.7	187.7	-0.021	2.248	2.247
P572	40A	0.50	2.763	96.5	96.4	-0.054	1.155	1.154
P573	40A	4.00	0.000	284.2	284.1	-0.032	3.403	3.401
P575	40A	4.00	0.000	284.2	284.1	-0.032	3.403	3.401
P577	40A	4.00	0.000	284.2	284.1	-0.032	3.403	3.401
P579	40A	4.00	0.000	284.2	284.1	-0.032	3.403	3.401
P581	40A	4.00	0.000	284.2	284.1	-0.032	3.403	3.401
P649	65A	2.00	5.898	1282.6	1282.0	-0.050	5.717	5.716
P651	65A	4.00	0.000	1282.6	1282.0	-0.050	5.717	5.716
P653	65A	4.00	0.000	1282.6	1282.0	-0.050	5.717	5.716
P655	65A	4.00	0.000	1282.6	1282.0	-0.050	5.717	5.716
P657	65A	4.00	0.000	1282.6	1282.0	-0.050	5.717	5.716
P659	65A	4.00	0.000	1282.6	1282.0	-0.050	5.717	5.716
P661	65A	4.00	0.000	1282.6	1282.0	-0.050	5.717	5.716
P663	65A	4.00	0.000	1282.6	1282.0	-0.050	5.717	5.716
P665	65A	2.00	5.898	1282.6	1282.0	-0.050	5.717	5.716
P667	100A	0.50	3.453	2565.3	2565.0	-0.011	4.910	4.908
P668	65A	4.00	0.000	1282.6	1282.0	-0.050	5.717	5.716
P670	65A	4.00	0.000	1282.6	1282.0	-0.050	5.717	5.716
P672	65A	4.00	0.000	1282.6	1282.0	-0.050	5.717	5.716
P674	65A	4.00	0.000	1282.6	1282.0	-0.050	5.717	5.716
P676	65A	4.00	0.000	1282.6	1282.0	-0.050	5.717	5.716
P678	65A	4.00	0.000	1282.6	1282.0	-0.050	5.717	5.716
P680	65A	4.00	0.000	1282.6	1282.0	-0.050	5.717	5.716
P695	65A	1.00	0.000	1282.6	1282.0	-0.050	5.717	5.716
P698	40A	1.00	2.763	284.2	284.1	-0.032	3.403	3.401

배관	관경	길이 (m)	등가길이 (m)	유량 K-Fire (L/min)	유량 PIPENET (L/min)	차이 (%)	유속 K-Fire (m/s)	유속 PIPENET (m/s)
P699	40A	1.00	2.763	334.8	334.8	-0.014	4.009	4.008
P700	40A	1.00	2.763	329.8	329.7	-0.028	3.949	3.948
P701	40A	1.00	1.381	333.8	333.7	-0.032	3.997	3.996
P703	65A	4.00	2.869	1282.6	1282.0	-0.050	5.717	5.716
P704	65A	4.00	0.000	1282.6	1282.0	-0.050	5.717	5.716
P705	65A	4.00	0.000	1282.6	1282.0	-0.050	5.717	5.716
P706	65A	4.00	0.000	998.4	998.3	-0.015	4.450	4.449
P707	65A	4.00	0.000	663.6	663.5	-0.015	2.958	2.957
P708	65A	4.00	0.000	333.8	333.7	-0.032	1.488	1.488
P710	65A	1.00	0.000	1282.6	1282.0	-0.050	5.717	5.716
P713	40A	1.00	2.763	284.2	284.1	-0.032	3.403	3.401
P714	40A	1.00	2.763	334.8	334.8	-0.014	4.009	4.008
P715	40A	1.00	2.763	329.8	329.7	-0.028	3.949	3.948
P716	40A	1.00	1.381	333.8	333.7	-0.032	3.997	3.996
P718	65A	4.00	2.869	1282.6	1282.0	-0.050	5.717	5.716
P719	65A	4.00	0.000	1282.6	1282.0	-0.050	5.717	5.716
P720	65A	4.00	0.000	1282.6	1282.0	-0.050	5.717	5.716
P721	65A	4.00	0.000	998.4	998.3	-0.015	4.450	4.449
P722	65A	4.00	0.000	663.6	663.5	-0.015	2.958	2.957
P723	65A	4.00	0.000	333.8	333.7	-0.032	1.488	1.488
P730	100A	7.10	70.681	2565.3	2565.0	-0.011	4.910	4.908
P731	100A	0.90	0.000	2565.3	2565.0	-0.011	4.910	4.908

유량이 0 인 배관 120 개(비작동 헤드 가지 등)는 표에서 생략했다. 두 프로그램 모두 0 으로 계산했다.

8.3 PIPENET 원본 출력 발췌

PIPENET 결과 출력에서 노즐(헤드) 결과표와 공급점 결과표를 그대로 옮겼다. 노드 번호는 K-Fire 도면과 같다(PIPENET 표기의 "/0"은 번호 뒤에 붙는 PIPENET 고유 접미어).

트리형

```
FLOW THROUGH NOZZLES
--------------------

 Nozzle       Input          Inlet Press     Req. Flow     Flowrate    % Deviation    Req. FlowDens   FlowDens
 Label        Label          (bar G    )    (lit/min )    (lit/min )                  ( lit/min /metres  **2 )
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------
N509/0        N509/0         0.25594E+01        80.0000     127.9860        59.98
N530/0        N530/0         0.23001E+01        80.0000     121.3283        51.66
N528/0        N528/0         0.21160E+01        80.0000     116.3723        45.47
N514/0        N514/0         0.19928E+01        80.0000     112.9345        41.17
N526/0        N526/0         0.17585E+01        80.0000     106.0863        32.61
N521/0        N521/0         0.14984E+01        80.0000      97.9276        22.41
N517/0        N517/0         0.10830E+01        80.0000      83.2530         4.07
N523/0        N523/0         0.10000E+01        80.0000      80.0000 *       0.00
N549/0        N549/0         0.26242E+01        80.0000     129.5950        61.99
N555/0        N555/0         0.23586E+01        80.0000     122.8622        53.58
N551/0        N551/0         0.21701E+01        80.0000     117.8501        47.31
N552/0        N552/0         0.20439E+01        80.0000     114.3733        42.97
N545/0        N545/0         0.18039E+01        80.0000     107.4469        34.31
N560/0        N560/0         0.15374E+01        80.0000      99.1946        23.99
```

```
N554/0        N554/0         0.11117E+01        80.0000      84.3510         5.44
N559/0        N559/0         0.10267E+01        80.0000      81.0610         1.33
N569/0        N569/0         0.26544E+01        80.0000     130.3375        62.92
N575/0        N575/0         0.23859E+01        80.0000     123.5701        54.46
N571/0        N571/0         0.21953E+01        80.0000     118.5322        48.17
N572/0        N572/0         0.20677E+01        80.0000     115.0374        43.80
N565/0        N565/0         0.18250E+01        80.0000     108.0750        35.09
N580/0        N580/0         0.15556E+01        80.0000      99.7794        24.72
N574/0        N574/0         0.11251E+01        80.0000      84.8580         6.07
N579/0        N579/0         0.10391E+01        80.0000      81.5508         1.94
N591/0        N591/0         0.21165E+01        80.0000     116.3866        45.48
N592/0        N592/0         0.19933E+01        80.0000     112.9484        41.19
N585/0        N585/0         0.17589E+01        80.0000     106.0994        32.62
N600/0        N600/0         0.14988E+01        80.0000      97.9398        22.42
N594/0        N594/0         0.10833E+01        80.0000      83.2635         4.08
N599/0        N599/0         0.10003E+01        80.0000      80.0101         0.01

FLOW AT INLETS
--------------

Inlet Node    Pressure      Flowrate        Equivalent K-factor
              (bar G   )    (lit/min )      (lit/min  , bar G   )
-------------------------------------------------------------
N660/0         5.223         3161.          1383.1
```

그리드형

```
FLOW THROUGH NOZZLES
--------------------

 Nozzle       Input          Inlet Press     Req. Flow     Flowrate    % Deviation    Req. FlowDens   FlowDens
 Label        Label          (bar G   )     (lit/min )    (lit/min )                  ( lit/min /metres  **2 )
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------
N92/0         N92/0          0.10246E+01        80.0000      80.9773         1.22
N85/0         N85/0          0.10388E+01        80.0000      81.5374         1.92
N93/0         N93/0          0.10904E+01        80.0000      83.5380         4.42
N71/0         N71/0          0.12016E+01        80.0000      87.6927         9.62
N103/0        N103/0         0.10246E+01        80.0000      80.9773         1.22
N104/0        N104/0         0.10388E+01        80.0000      81.5374         1.92
N90/0         N90/0          0.10904E+01        80.0000      83.5380         4.42
N81/0         N81/0          0.12016E+01        80.0000      87.6926         9.62
N486/0        N486/0         0.10000E+01        80.0000      80.0000 *       0.00
N507/0        N507/0         0.10139E+01        80.0000      80.5543         0.69
N516/0        N516/0         0.10644E+01        80.0000      82.5343         3.17
N490/0        N490/0         0.11731E+01        80.0000      86.6460         8.31
N509/0        N509/0         0.10000E+01        80.0000      80.0000         0.00
N499/0        N499/0         0.10139E+01        80.0000      80.5543         0.69
N496/0        N496/0         0.10644E+01        80.0000      82.5343         3.17
N488/0        N488/0         0.11731E+01        80.0000      86.6460         8.31
N519/0        N519/0         0.10310E+01        80.0000      81.2292         1.54
N540/0        N540/0         0.10453E+01        80.0000      81.7908         2.24
N549/0        N549/0         0.10972E+01        80.0000      83.7967         4.75
N523/0        N523/0         0.12090E+01        80.0000      87.9625         9.95
N542/0        N542/0         0.10310E+01        80.0000      81.2292         1.54
N532/0        N532/0         0.10453E+01        80.0000      81.7908         2.24
N529/0        N529/0         0.10972E+01        80.0000      83.7967         4.75
N521/0        N521/0         0.12090E+01        80.0000      87.9625         9.95
N552/0        N552/0         0.13663E+01        80.0000      93.5098        16.89
N573/0        N573/0         0.13848E+01        80.0000      94.1429        17.68
N582/0        N582/0         0.14522E+01        80.0000      96.4049        20.51
N575/0        N575/0         0.13663E+01        80.0000      93.5098        16.89
N565/0        N565/0         0.13848E+01        80.0000      94.1429        17.68
N562/0        N562/0         0.14522E+01        80.0000      96.4049        20.51
 (비작동 헤드 82 개 행 생략 - 유량 0)

FLOW AT INLETS
--------------

Inlet Node    Pressure      Flowrate        Equivalent K-factor
              (bar G   )    (lit/min )      (lit/min  , bar G   )
-------------------------------------------------------------
N240/0         7.257         2565.          952.01
```