

GOTHIC을 통한 격실온도분석 검토

“The review of room heat-up analysis with GOTHIC program”

2022. 7. 15

허건(Heo, Gun)

heogun523@kepco-enc.com



Contents

- 1 서론
- 2 관련 기술규격
- 3 허용온도 수립
- 4 온도분석 방법
- 5 GOTHIC 분석
- 6 응용
- 7 참고문헌

1. 서론

■ 격실온도분석 목적

- 격실냉방상실시 해당 격실의 온도는 상승하여 기기의 트립을 초래하거나 기기 성능 저하를 초래
- 격실냉방상실을 야기하는 사고시 격실온도분석을 통해 격실 온도상승 범위가 기기의 성능유지 또는 운전원 거주성을 위한 허용온도 범위 내에 있는지 평가 필요

■ 격실온도분석 수행 사례

- 터빈구동보조급수펌프실 온도분석
 - 터빈구동보조급수펌프실 지역냉방기 기능상실시 온도 분석을 수행
 - 온도 분석 결과를 바탕으로 보조급수펌프 구매규격서 환경조건에 입력되어 터빈구동보조급수펌프가 해당온도에 기능을 유지하도록 구매
- 사고대처방안 수립을 위한 온도분석
 - 후쿠시마 후속대책
 - 확대설계조건(DEC; Design Extension Condition) 대처방안

2. 관련 기술규격

- NEI 12-06, Rev.0, “Diverse and Flexible Coping Strategies (FLEX) Implementation Guide”
 - 후쿠시마 후속조치를 수립하기 위한 지침을 제공
 - 3.2.1.8 “Effect of Loss of HVAC”
 - HVAC 상실의 영향은 NUMARC 87-00에 따라 평가하거나 GOTHIC 분석과 같은 열수력분석을 통해 평가될 수 있다고 기술되어 있음.

- NUMARC 87-00, Rev.1 “Guidelines and Technical Bases for NUMARC Initiatives Addressing Station Blackout at Light Water Reactors”
 - SBO시 대처방법 및 지침을 제공
 - 일반적인 기기별 허용하는 온도가 기술됨. 격실온도평가지 NUMARC 87-00에 기술된 온도로 격실의 허용온도기준을 수립함.
 - NUMARC 87-00은 3개의 Condition으로 구분하고 있음.
 - Condition 1 : Condition 1 지역의 기기는 온도상승에 영향을 크게 미치지 않으며, 안정상태온도(steady state temperature)를 120°F로 정의함. Condition 1에 있는 대부분의 기기, 전기 및 계측제어기기는 120°F에서도 운전성에 영향을 미치지 않음.

2. 관련 기술규격

- NUMARC 87-00, Rev.1 “Guidelines and Technical Bases for NUMARC Initiatives Addressing Station Blackout at Light Water Reactors” (계속)
 - Condition 2 : Condition 2 지역은 격실 체적이 작고 상대적으로 많은 열부하를 가지는 지역으로, 안정상태온도(steady state temperature)를 150°F로 정의한다. 일반적으로 터빈구동보조급수펌프실은 Condition 2에 해당함.
 - Condition 3 : Condition 3 지역은 온도상승으로 인한 기기운전불능을 대처하기 위한 대처 설비가 필요함. 별도의 냉각설비를 구비하거나, 사고시 환경에서 검증된 기기로 대체가 필요함.
- 상기 3개의 Condition으로 구분한 것 외에 주제어실 거주성에 대해서 별도로 평가하였으며, 110°F/상대습도 50%까지는 운전원들이 사고대처 조치함에 있어 문제가 없는 것으로 기술함.

3. 허용온도 수립

- 허용온도 수립

- NUMARC 87-00에 기술된 Condition의 안정상태온도(steady state temperature)를 기준으로 사고대처기기실의 허용온도를 결정
 - 전기 및 계측제어기기실은 Condition 1, 터빈구동보조급수펌프실을 포함한 모든 펌프실은 Condition 2의 온도로 허용온도를 결정
 - 주제어실의 최대허용온도는 NUMARC 87-00에 기술된 운전원의 거주성을 위한 온도로 결정

격실	최대 허용온도	Condition / Temperature (NUMARC 87-00)
주제어실	110 °F	110 °F for Habitability
보조충전펌프실	150 °F	Condition 2 / 150 °F
안전주입펌프실		
터빈구동보조급수펌프실		
전기 및 계측제어기기실	120 °F	Condition 1 / 120 °F

4. 온도분석 방법

- 온도분석 프로그램
 - ◉ NEI 12-06에서 언급된 GOTHIC 프로그램 사용
 - ◉ GOTHIC(Generation of Thermal-Hydraulic Information for Containments)은 EPRI(Electric Power Research Institute)의 지원으로 NAI(Numerical Applications Incorporated)에서 개발된 프로그램
 - ◉ GOTHIC 프로그램은 격실 온도천이분석시 널리 사용되는 프로그램

- 온도분석 전 결정사항
 - ◉ 사고대처기기 선정 → 온도분석 대상격실 선정
 - ◉ 기기 운전시간
 - ◉ 기기발열량

4. 온도분석 방법

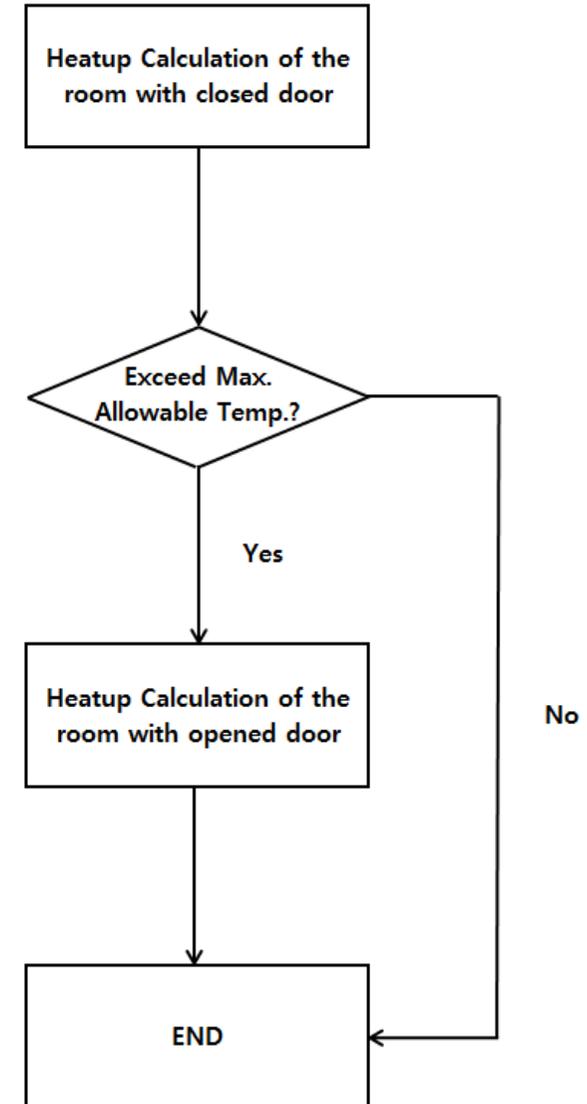
■ 주요 가정 및 입력사항

- 분석지역의 초기 온도는 Environmental Qualification Parameters Report (EQPR)에 기술된 최대온도로 입력
- 분석지역의 주변지역들의 온도는 EQPR에 기술된 해당지역의 최대온도로 입력. 단, EQPR의 최대온도가 104°F보다 낮은 지역은 보수적으로 104°F로 입력
- 초기 벽체온도는 분석지역 초기온도와 주변지역의 초기온도의 중간값으로 입력
- 분석지역 체적은 기기점유체적을 고려하여 보수적으로 분석지역 체적의 70%로 입력
- 격실의 문이 닫힌 경우 문은 벽으로 가정하고, 격실의 문이 열린 경우 single door와 double door로 구분된 크기의 개구부로 모델링
- 문 개방은 운전원조치 제한시간(30분)과 이동시간을 보수적으로 30분 고려하여 사고 1시간 후 모두 열림 상태로 가정

4. 온도분석 방법

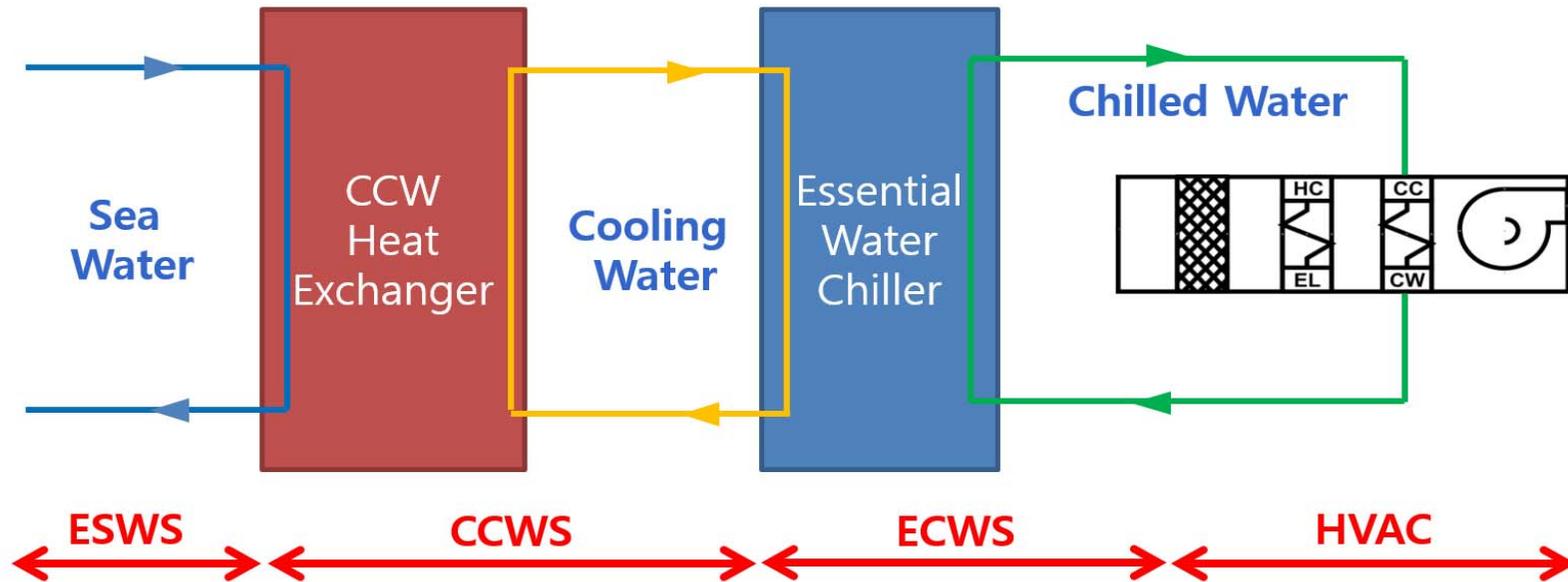
■ 온도분석 절차

- 보수적으로 문이 닫혀있는 상태에서의 온도분석 및 분석결과와 허용온도를 비교
 - 문이 닫혀있는 상태에서의 온도분석 결과가 허용온도보다 낮을 경우, 해당 분석결과온도가 격실냉방상 실시 격실의 최대온도로 결정
- 문이 닫혀있는 상태에서의 온도분석 결과가 허용온도보다 높을 경우, 분석 격실의 문을 개방한 상태에서 온도분석을 재수행
 - 재수행한 결과가 허용온도보다 낮을 경우, 재수행한 결과 온도가 격실냉방상 실시 격실의 최대온도로 결정
- 문을 개방한 상태에서의 온도분석 결과가 허용온도보다 높을 경우, 추가적인 방안을 모색



5. GOTHIC 분석

- 사고시나리오 : 후쿠시마사고
 - HVAC 냉방상실 초래 배경
 - 열침원상실 : 1차측기기냉각해수계통(ESWS) 상실 → 1차측기기냉각수계통(CCWS) 상실 → 필수냉수계통(ECWS) 상실 → 공기조화계통(HVAC) 냉각기능 상실
 - 전원상실



5. GOTHIC 분석

■ 벽체(콘크리트) 물성치

- 밀도 : 140 lbm/ft³
- 열전도율 : 0.92 btu/hr-ft-°F
- 비열 : 0.22 btu/lbm- °F

■ 벽체정보

개별/통합	No.	Room Number	Room Description	DOOR	Door Length	Door Width	Analysis	Wall Length	Wall Width	Room Height	Wall Area	Wall Thickness		Wetted Area	Free Volume	D _s	Heat Generation		EQPR Room Temp.	Initial Room Temp.	Initial Wall Temp.	Surface Option A	Surface Option B
												ft	in				btu/h	btu					
	1	055-A54B	AUXILIARY CHARGING PUMP RM	-	-	-	O	-	-	10	-	-	-	1559.5	2658.25	6.82	19476.2	5.41	104	104	-	-	-
	1-W1	055-A55B	CHARGING PUMP RM	X	-	-	X	24.5	-	10	245	5.5	66	10	-	-	-	-	104	104	104	1	4
	1-W2	055-A56B	VALVE RM	X	-	-	X	15.5	-	10	155	5	60	9	-	-	-	-	104	104	104	1	4
	1-E1	055-A50B	GENERAL ACCESS AREA	X	-	-	X	24.5	-	10	245	5	60	9	-	-	-	-	104	104	104	1	1
	1-E2	055-A50B	GENERAL ACCESS AREA	O	6.5	3	O	15.5	-	10	155	2	24	2	-	-	-	-	104	104	104	1	1
	1-C1	068-A08B	HOT PIPE WAY	X	-	-	X	24.5	15.5	-	379.75	3	36	13	-	-	-	-	130	130	117	2	6
	1-F1	-	UNDERGROUND	X	-	-	X	24.5	15.5	-	379.75	10	120	15	-	-	-	-	-	104	104	3	4
	2	055-A50B	GENERAL ACCESS AREA	-	-	-	O	-	-	10	-	-	-	5715	9800	6.86	0	0	104	104	-	-	-
	2-W3	055-A56B	VALVE RM	X	-	-	X	3.5	-	10	35	2	24	2	-	-	-	-	104	104	104	1	4
	2-W4	055-A49B	POST ACCIDENT SAMPLE CONTRIL PANEL RM	X	-	-	X	14.25	-	10	142.5	2	24	2	-	-	-	-	104	104	104	1	4
	2-W5	055-A49B	POST ACCIDENT SAMPLE CONTRIL PANEL RM	X	-	-	X	14	-	10	140	2.5	30	4	-	-	-	-	104	104	104	1	4
	2-W6	055-A47B	PRIMARY OFF-GAS SAMPLE PUMP RM	X	-	-	X	10.25	-	10	102.5	3	36	5	-	-	-	-	104	104	104	1	4
	2-W7	055-A46B	CONDENSATE RETURN UNIT RM	X	-	-	X	6	-	10	60	5	60	9	-	-	-	-	104	104	104	1	4
	2-W8	055-A46B	CONDENSATE RETURN UNIT RM	X	-	-	X	5.5	-	10	55	3	36	5	-	-	-	-	104	104	104	1	4
	2-W9	055-A51B	EQUIP. DRAIN TANK RM	X	-	-	X	38.5	-	10	385	3	36	5	-	-	-	-	104	104	104	1	4
	2-W10	055-A53B	RD PUMP RM	X	-	-	X	25	-	10	250	3	36	5	-	-	-	-	104	104	104	1	4
	2-W11	055-A53B	RD PUMP RM	X	-	-	X	6.5	-	10	65	1.5	18	1	-	-	-	-	104	104	104	1	4
	2-W12	055-A52B	RD PUMP RM	X	-	-	X	14.5	-	10	145	1.5	18	1	-	-	-	-	104	104	104	1	4
	2-W13	-	UNDERGROUND	X	-	-	X	15.5	-	10	155	4	48	7	-	-	-	-	-	104	104	1	4
	2-W14	055-A31B	CHEMICAL DRIAN SUMP PUMP RM	X	-	-	X	19.5	-	10	195	1.5	18	1	-	-	-	-	104	104	104	1	4
	2-W15	055-A33B	EQUIP. DRAIN SUMP PUMP RM	X	-	-	X	22.25	-	10	222.5	1.5	18	1	-	-	-	-	104	104	104	1	4
	2-W16	055-A34B	FLOOR DRAIN SUMP PUMP RM	X	-	-	X	12.25	-	10	122.5	1.5	18	1	-	-	-	-	104	104	104	1	4
	2-W17	055-A30B	SC HX RM	X	-	-	X	9	-	10	90	1.5	18	1	-	-	-	-	104	104	104	1	4
	2-W18	055-A55B	CHARGING PUMP RM	X	-	-	X	35.5	-	10	355	5.5	66	10	-	-	-	-	104	104	104	1	4
	2-W19	055-A55B	CHARGING PUMP RM	X	-	-	X	26.5	-	10	265	5	60	9	-	-	-	-	104	104	104	1	4
	2-E3	055-A60B	ELEV. HALL	O	6.5	6.5	O	13	-	10	130	5	60	9	-	-	-	-	104	104	104	1	1
	2-C2	068-A08B	HOT PIPE WAY	X	-	-	X	70	20	-	1400	3	36	13	-	-	-	-	130	130	117	2	6
	2-F2	-	UNDERGROUND	X	-	-	X	70	20	-	1400	10	120	15	-	-	-	-	-	104	104	3	4
1	3	055-A60B	ELEV. HALL	-	-	-	O	-	-	20	-	-	-	2090	3360	6.44	0	0	-	-	-	-	-
	3-W20	055-A21B	PIPE CHASE & VALVE RM	X	-	-	X	10.5	-	20	210	4	48	7	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	3-W21	055-A20B	STAIR	X	-	-	X	10.5	-	20	210	1.5	18	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	3-W22	055-A20B	STAIR	X	-	-	X	7.75	-	20	155	1.5	18	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	3-W23	049-A02B	ELEV. HOIST WAY	X	-	-	X	11.5	-	20	230	1.5	18	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		055-A30B	SC HX RM	X	-	-	X	23	-	10	230	1.5	18	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		055-A30B	GENERAL ACCESS AREA	O	6.5	6.5	O	13	-	10	130	5	60	9	-	-	-	-	-	-	-	-	-

5. GOTHIC 분석

■ GOTHIC 분석 격실 : Aux. Charging Pump Room

■ 분석 INPUT DATA

- 열부하 : 16,511.5 btu/hr
- 초기온도 : 104°F
- 분석시간 : 72시간

■ DOOR CLOSE CASE

- 프로그램 입력

Control Volume Parameters						
Vol #	Description	Vol (ft3)	Elev (ft)	Ht (ft)	Hyd. D. (ft)	L/V IA (ft2)
1	Aux. Charging P	2658.25	0.	10.	6.82	DEFAULT

Thermal Conductors										
Cond #	Description	Vol A	Srf Opt	Vol B	Srf Opt	Cond Type	S. A. (ft2)	Init. T. (F)	Or	Grp #
1	1-W1_055-A55B	1	1	1	4	10	245.	104.	I	
2	1-W2_055-A50B	1	1	1	4	9	155.	104.	I	
3	1-W3_055-A50B	1	1	1	4	2	245.	104.	I	
4	1-W4_055-A56B	1	1	1	4	2	155.	104.	I	
5	1-C1_068-A08B	1	2	1	6	13	379.75	117.	I	
6	1-F1_Undergroun	1	3	1	4	15	379.75	104.	I	

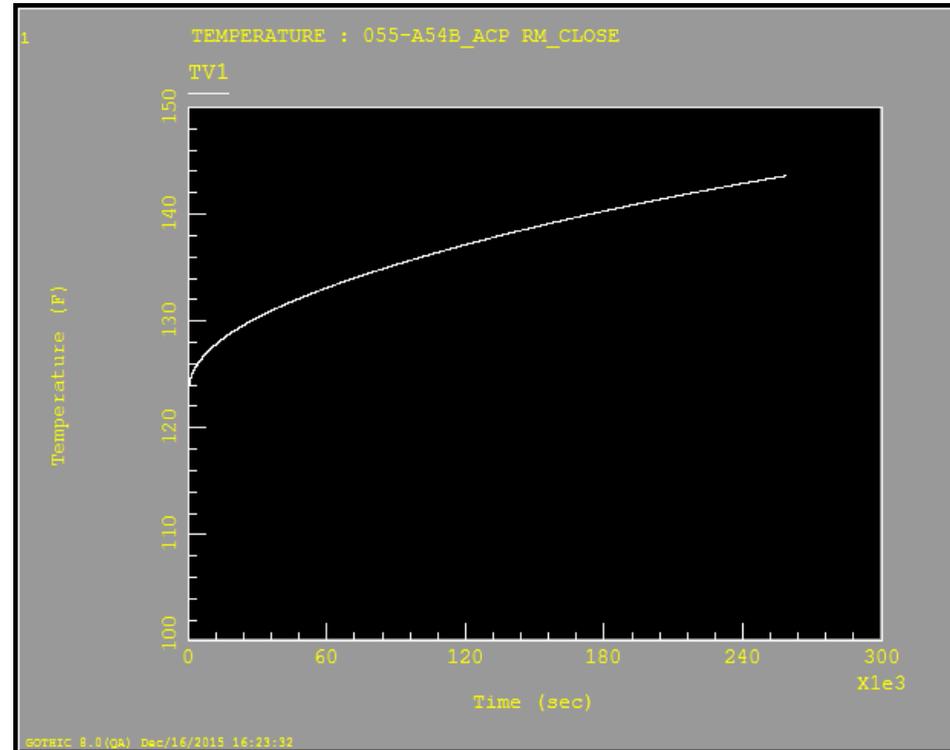
Volume Initial Conditions							
Vol #	Total Pressure (psia)	Vapor Temp. (F)	Liquid Temp. F	Relative Humidity (%)	Liquid Volume Fract.	Unused	Unused
def	14.7	104.	104.	50.	0.		

Cooler/Heater										
Heater Cooler #	Description	Vol. #	On Trip #	Off Trip #	Flow Rate (CFM)	Flow Rate FF	Heat Rate (Btu/s)	Heat Rate FF	Phs Opt	Ctrlr Loc
1H	lamp	1	1		0.		4.59		VTE	1

5. GOTHIC 분석

■ 결과

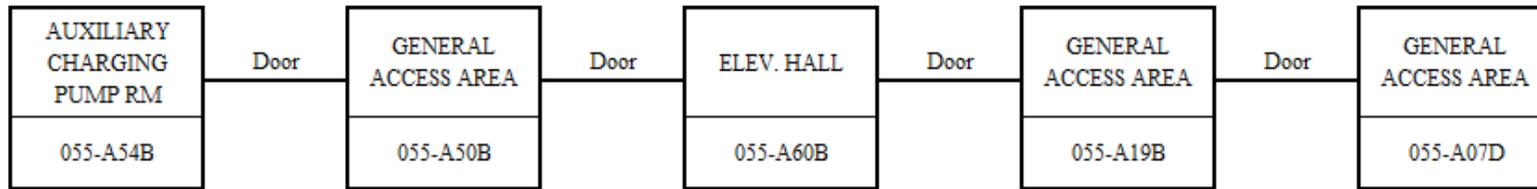
ROOM DESCRIPTION	t = 0 hr (0 sec)	t = 8 hr (28,800 sec)	t = 12 hr (43,200 sec)	t = 24 hr (86,400 sec)	t = 48 hr (172,800 sec)	t = 72 hr (259,200 sec)
AUXILIARY CHARGING PUMP RM	104.0	130.18	131.66	135.03	139.94	143.60



5. GOTHIC 분석

■ DOOR OPEN CASE

● 문 정보



● 문 개방지역 모델링

Control Volume Parameters						
Vol #	Description	Vol (ft3)	Elev (ft)	Ht (ft)	Hyd. D. (ft)	L/V IA (ft2)
1	055-A54B_ACP RO	2658.25	0.	10.	6.82	DEFAULT
2	055-A50B_GENERA	9800.	0.	10.	6.86	DEFAULT
3	055-A60B_ELEV H	3360.	0.	20.	6.44	DEFAULT
4	055-A19B_GENERA	34720.	0.	20.	13.82	DEFAULT
5	055-A07D_GENERA	19180.	0.	20.	13.83	DEFAULT

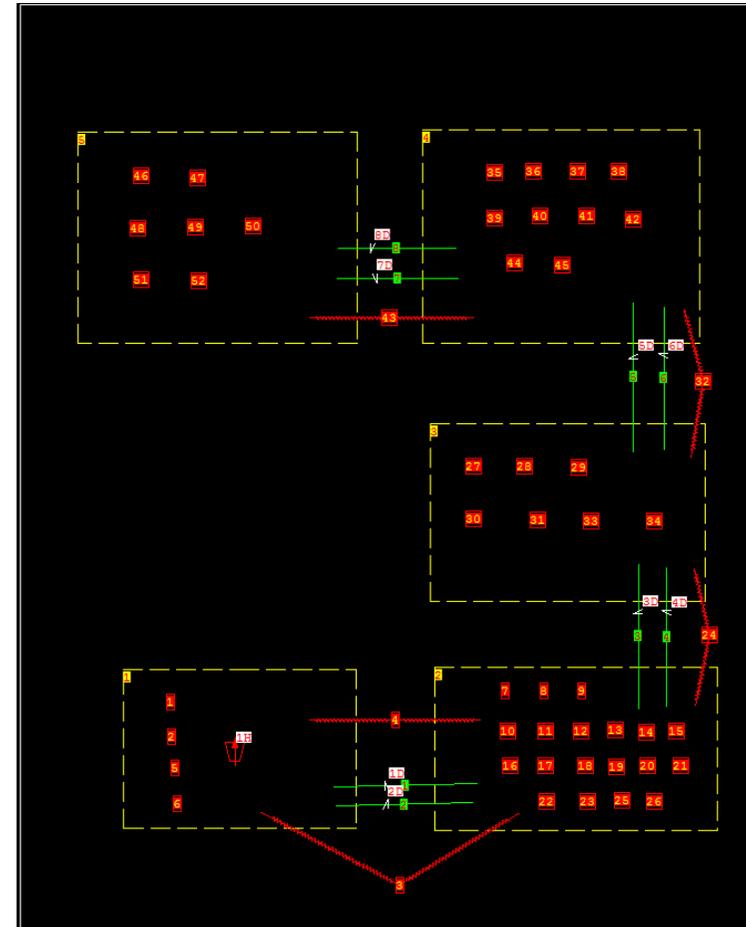


5. GOTHIC 분석

■ DOOR OPEN CASE

● 프로그램 입력 및 모델링

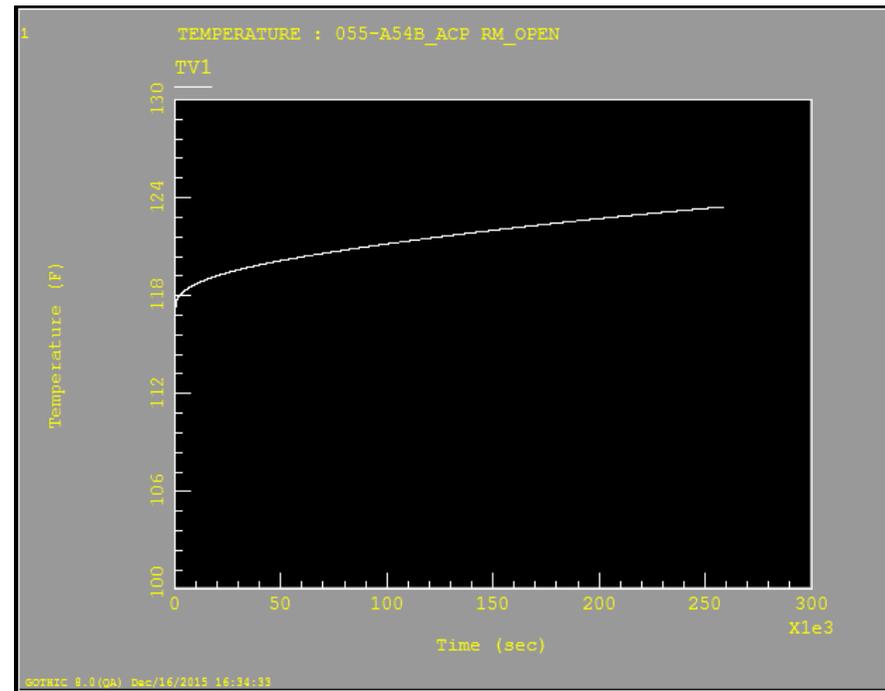
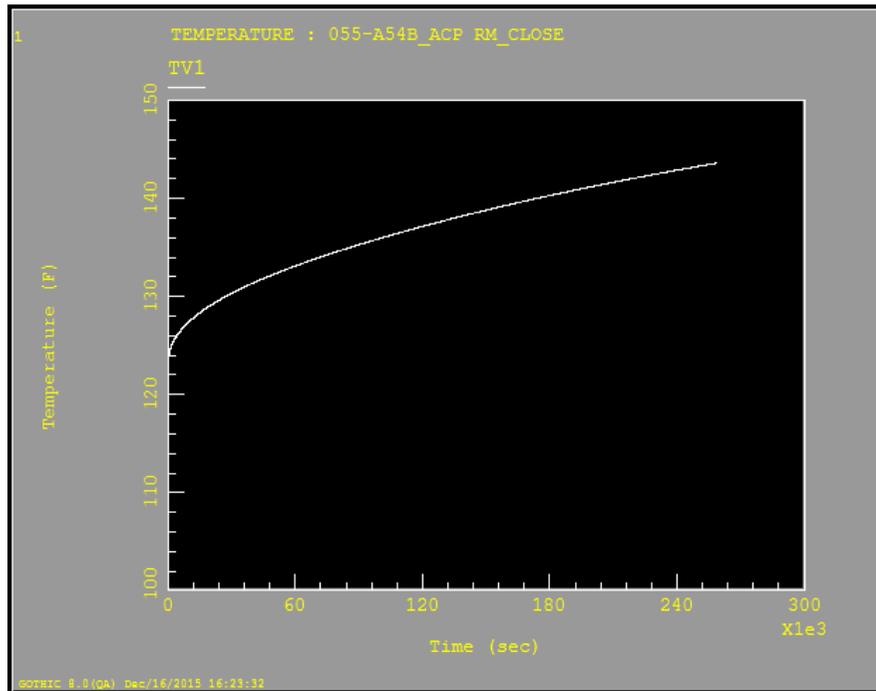
Thermal Conductors										
Cond #	Description	Vol A	Srf Opt	Vol B	Srf Opt	Cond Type	S. A. (ft2)	Init. T. (F)	Or	Grp #
1	1-W1_055-A55B	1	1	1	4	10	245.	104.	I	
2	1-W2_055-A56V	1	1	1	4	9	155.	104.	I	
3	1-E1_055-A25B_0	1	1	2	1	9	245.	104.	X	
4	1-E2_055-A54B_0	1	1	2	1	2	155.	104.	X	
5	1-C1_068-A08B	1	2	1	6	13	379.75	117.	I	
6	1-F1_Undergroun	1	3	1	4	15	379.75	104.	I	
7	2-W3_055-A56B	2	1	2	4	2	35.	104.	I	
8	2-W4_055-A49B	2	1	2	4	2	142.5	104.	I	
9	2-W5_055-A49B	2	1	2	4	4	140.	104.	I	
10	2-W6_055-A47B	2	1	2	4	5	102.5	104.	I	
11	2-W7_055-A46B	2	1	2	4	9	60.	104.	I	
12	2-W8_055-A46B	2	1	2	4	5	55.	104.	I	
13	2-W9_055-A51B	2	1	2	4	5	385.	104.	I	
14	2-W10_055-A53B	2	1	2	4	5	250.	104.	I	
15	2-W11_055-A53B	2	1	2	4	1	65.	104.	I	
16	2-W12_055-A52B	2	1	2	4	1	145.	104.	I	
17	2-W13_Undergrou	2	1	2	4	7	155.	104.	I	
18	2-W14_055-A31B	2	1	2	4	1	195.	104.	I	
19	2-W15_055-A33B	2	1	2	4	1	222.5	104.	I	
20	2-W16_055-A34B	2	1	2	4	1	122.5	104.	I	
21	2-W17_055-A30B	2	1	2	4	1	90.	104.	I	
22	2-W18_055-A55B	2	1	2	4	10	355.	104.	I	
23	2-W19_055-A55B	2	1	2	4	9	265.	104.	I	
24	2-E3_055-A50B_0	2	1	3	1	9	130.	104.	X	
25	2-C2_068-A08B	2	2	2	6	13	1400.	117.	I	
26	2-F2_Undergroun	2	3	2	4	15	1400.	104.	I	
27	3-W20_055-A21B	3	1	3	5	7	210.	113.	I	
28	3-W21_055-A20B	3	1	3	4	1	210.	104.	I	
29	3-W22_055-A20B	3	1	3	4	1	155.	104.	I	
30	3-W23_049-A02B	3	1	3	4	1	230.	104.	I	
31	3-W24_055-A30B	3	1	3	4	7	440.	104.	I	
32	3-E4_055-A60B_0	3	1	4	1	7	365.	104.	X	
33	3-C3_078-A54B	3	2	3	4	12	240.	104.	I	
34	3-F3_Undergroun	3	3	3	4	15	240.	104.	I	
35	4-W25_055-A30B	4	1	4	4	7	400.	104.	I	
36	4-W26_Undergrou	4	1	4	4	7	1570.	104.	I	
37	4-W27_Undergrou	4	1	4	4	9	644.	104.	I	
38	4-W28_055-A02B	4	1	4	5	9	270.	113.	I	
39	4-W29_050-A02D	4	1	4	4	1	350.	104.	I	
40	4-W30_050-A03B	4	1	4	4	7	665.	104.	I	
41	4-W31_050-A04B	4	1	4	4	7	675.	104.	I	
42	4-W32_049-A02B	4	1	4	4	7	230.	104.	I	
43	4-E5_055-A19B_0	5	1	4	1	1	290.	104.	X	
44	4-C4_078-A19B	4	2	4	4	12	2480.	104.	I	
45	4-F4_Undergroun	4	3	4	4	15	2480.	104.	I	
46	5-W33_055-A02B	5	1	5	5	9	440.	113.	I	
47	5-W34_055-A02D	5	1	5	5	7	850.	113.	I	
48	5-W35_055-A01D	5	1	5	4	7	400.	104.	I	
49	5-W36_050-A01D	5	1	5	4	7	680.	104.	I	
50	5-W37_050-A02D	5	1	5	4	7	440.	104.	I	
51	5-CS_078-A10D	5	2	5	4	12	1370.	104.	I	
52	5-F5_Undergroun	5	3	5	4	15	1370.	104.	I	



5. GOTHIC 분석

■ 결과

ROOM DESCRIPTION	DOOR	t = 0 hr (0 sec)	t = 8 hr (28,800 sec)	t = 12 hr (43,200 sec)	t = 24 hr (86,400 sec)	t = 48 hr (172,800 sec)	t = 72 hr (259,200 sec)
AUXILIARY CHARGING PUMP RM	CLOSE	104.0 °F	130.18 °F	131.66 °F	135.03 °F	139.94 °F	143.60 °F
	OPEN	104.0 °F	119.54 °F	119.97 °F	120.91 °F	122.34 °F	123.44 °F



5. GOTHIC 분석

■ 타 격실 결과

No.	Door	Time							
		Initial Temp	t = 8 hr	t = 12 hr	t = 24 hr	t = 36 hr	t = 48 hr	t = 60 hr	t = 72 hr
	Close/Open	°F	°F	°F	°F	°F	°F	°F	°F
1	Close	104.0	108.95	109.18	109.80	110.33	110.77	111.14	111.46
2	Close	104.0	108.95	109.18	109.80	110.33	110.77	111.14	111.46
3	Close	85.0	97.12	97.41	98.60	99.87	101.00	101.99	102.84
4	Close	85.0	97.12	97.41	98.60	99.87	101.00	101.99	102.84
5	Close	104.0	107.81	108.00	108.45	108.79	109.06	109.27	109.44
6	Close	104.0	107.81	108.00	108.45	108.79	109.06	109.27	109.44
7	Close	104.0	107.86	108.04	108.53	108.92	109.23	109.49	109.69
8	Close	104.0	111.57	111.84	112.66	113.43	114.11	114.69	115.20
9	Close	104.0	112.63	112.89	113.79	114.61	115.33	115.93	116.45
10	Close	104.0	112.30	112.60	113.48	114.30	115.02	115.64	116.19
11	Close	104.0	109.80	110.18	111.23	112.01	112.60	113.05	113.40
12	Close	104.0	107.68	107.84	108.28	108.62	108.88	109.09	109.26
13	Close	85.0	95.37	95.73	97.07	98.21	99.11	99.84	100.45
14	Close	104.0	106.61	106.69	107.04	107.37	107.65	107.88	108.07
15	Close	85.0	97.04	97.43	98.79	100.03	101.03	101.84	102.52

5. GOTHIC 분석

■ 타 격실 결과

No.	Door	Time							
		Initial Temp	t = 8 hr	t = 12 hr	t = 24 hr	t = 36 hr	t = 48 hr	t = 60 hr	t = 72 hr
	0	28,800	43,200	86,400	129,600	172,800	216,000	259,200	
	Close/Open	°F	°F	°F	°F	°F	°F	°F	°F
16	Close	104.0	108.89	109.03	109.59	110.15	110.64	111.06	111.43
17	Close	80.0	97.65	97.90	99.36	101.15	102.77	104.20	105.45
18	Close	104.0	108.66	108.79	109.16	109.54	109.89	110.21	110.48
19	Close	104.0	107.89	107.96	108.23	108.53	108.82	109.09	109.32
20	Close	104.0	106.61	106.68	106.87	107.02	107.14	107.25	107.34
21	Close	104.0	108.49	108.64	109.27	109.90	110.45	110.91	111.30
22	Close	104.0	109.03	109.22	109.69	110.08	110.42	110.72	110.97
23	Close	104.0	107.54	107.62	107.84	108.06	108.25	108.43	108.60
24	Close	104.0	105.60	105.66	105.89	106.10	106.29	106.44	106.56
25	Close	104.0	107.26	107.36	107.65	107.93	108.17	108.39	108.59
26	Close	104.0	107.75	107.86	108.24	108.58	108.86	109.09	109.27
27	Close	104.0	106.27	106.30	106.50	106.71	106.91	107.07	107.22
28	Close	77.0	100.51	101.48	104.49	107.10	109.25	110.99	112.42
29	Close	77.0	100.75	101.68	104.67	107.24	109.34	111.07	112.51
30	Close	77.0	95.52	96.11	98.52	100.69	102.41	103.82	104.99

5. GOTHIC 분석

■ 타 격실 결과

No.	Door	Time							
		Initial Temp	t = 8 hr	t = 12 hr	t = 24 hr	t = 36 hr	t = 48 hr	t = 60 hr	t = 72 hr
	0	28,800	43,200	86,400	129,600	172,800	216,000	259,200	
	Close/Open	°F	°F	°F	°F	°F	°F	°F	°F
31	Close	77.0	100.93	101.94	105.28	108.23	110.66	112.64	114.27
32	Close	77.0	98.71	99.59	102.40	104.82	106.79	108.40	109.74
33	Close	77.0	95.73	96.36	98.82	100.97	102.71	104.13	105.31
34	Close	80.0	94.80	95.91	98.23	99.80	100.92	101.76	102.40
35	Close	104.0	118.81	119.58	121.04	121.93	122.52	122.94	123.23
	Open	104.0	115.07	115.61	116.76	117.54	118.08	118.47	118.76
36	Close	104.0	108.87	109.24	110.19	110.86	111.34	111.70	111.98
37	Close	104.0	108.87	109.24	110.19	110.86	111.34	111.70	111.98
38	Close	104.0	130.18	131.66	135.03	137.69	139.94	141.89	143.60
	Open	104.0	119.54	119.97	120.91	121.67	122.34	122.92	123.44
39	Close	104.0	127.99	129.48	132.78	135.27	137.33	139.10	140.64
40	Close	104.0	130.24	131.91	135.60	138.38	140.68	142.64	144.36
41	Close	77.0	98.82	99.59	102.15	104.54	106.60	108.33	109.77
42	Close	80.0	98.47	99.10	101.25	103.27	105.00	106.44	107.63

5. GOTHIC 분석

- 관련 규제기관 질의 사례(NRC DC RAI)
 - NRC는 공조상실 영향 평가에 사용된 허용기준에 대해 질의
 - RAI No. : 406-8427
 - Date of RAI Issue : 2016.02.17
 - 답변
 - 온도분석 목적
 - 공조상실시 격실의 최대온도 결정
 - 격실의 최대온도가 최대허용온도 이내임을 입증
 - 허용온도
 - NUMARC 87-00에 따라 최대허용온도 선정
 - 온도분석 절차
 - 문 닫은 상태에서 1차 분석
 - 1차분석 결과가 허용온도보다 높은 격실에 대해서는 문개방 후 2차분석

5. GOTHIC 분석

■ 관련 규제기관 질의 사례(NRC DC RAI)

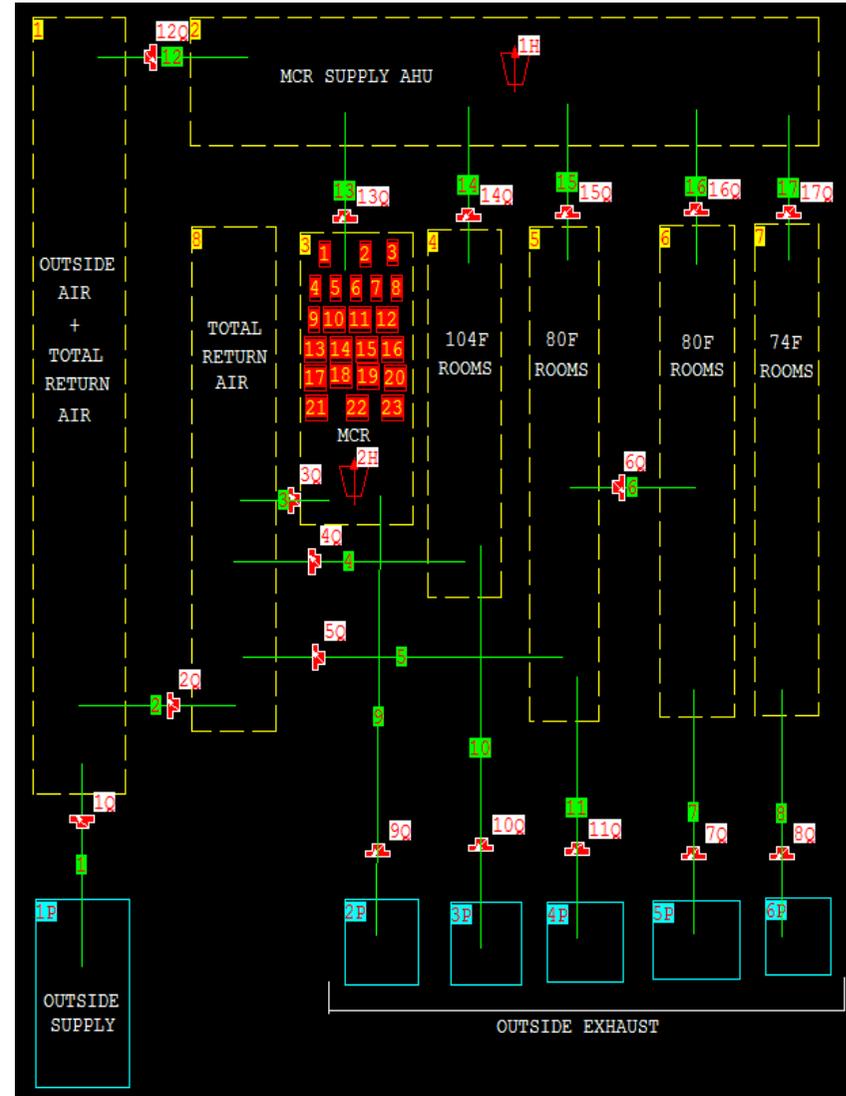
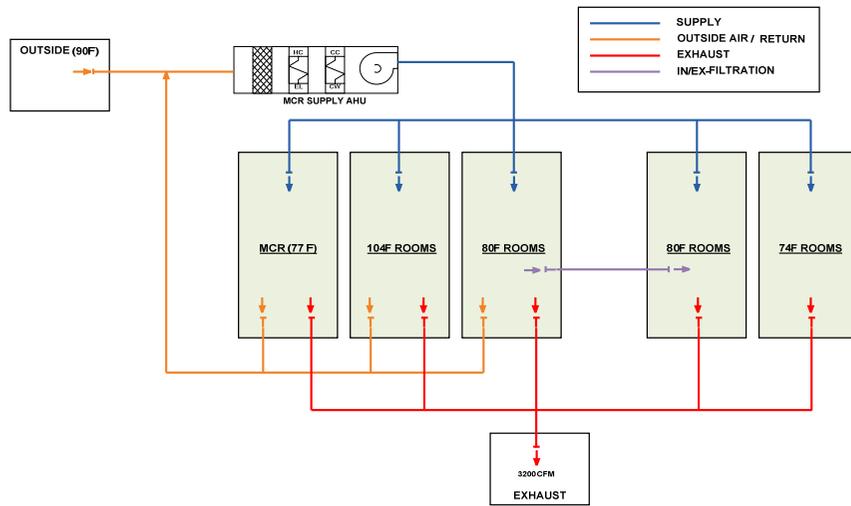
○ 답변

■ 온도분석 결과 및 결론

- 대부분의 격실은 문닫은 상태에서의 분석결과가 최대허용온도 이내로 평가됨.
- 문닫은 상태에서의 분석결과가 최대허용온도를 초과한 격실 또한 문을 개방 후 분석시 최대허용온도 이내로 평가됨.
- 따라서 평가된 모든 격실은 추가적인 냉방은 요구되지 않으며, 문을 개방하는 운전원의 조치는 필요함.

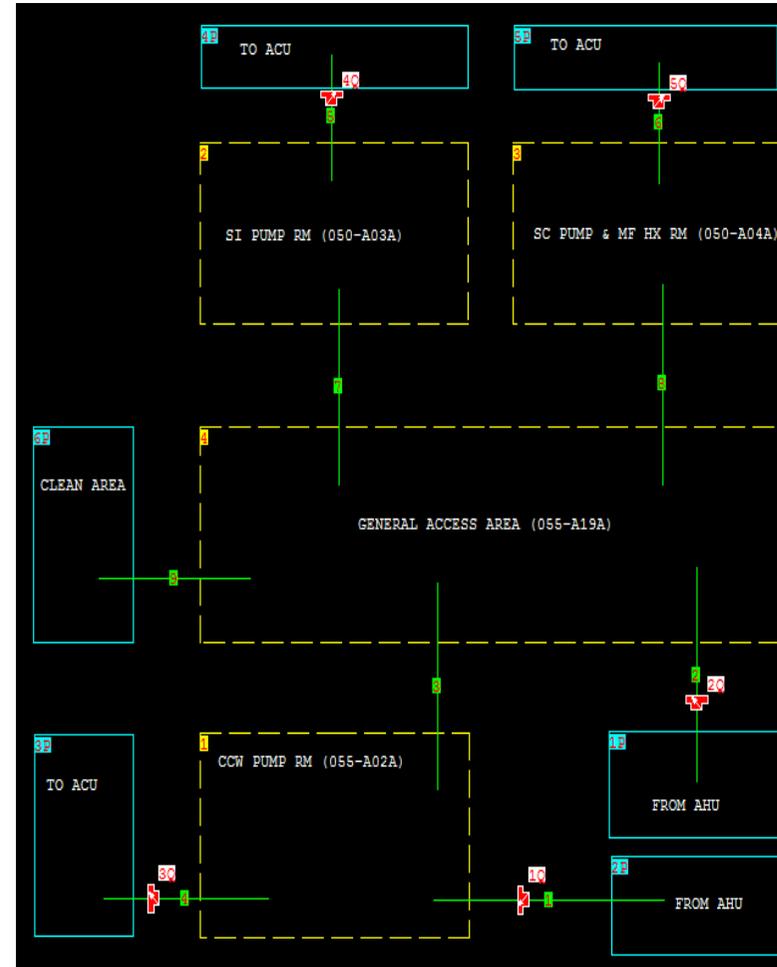
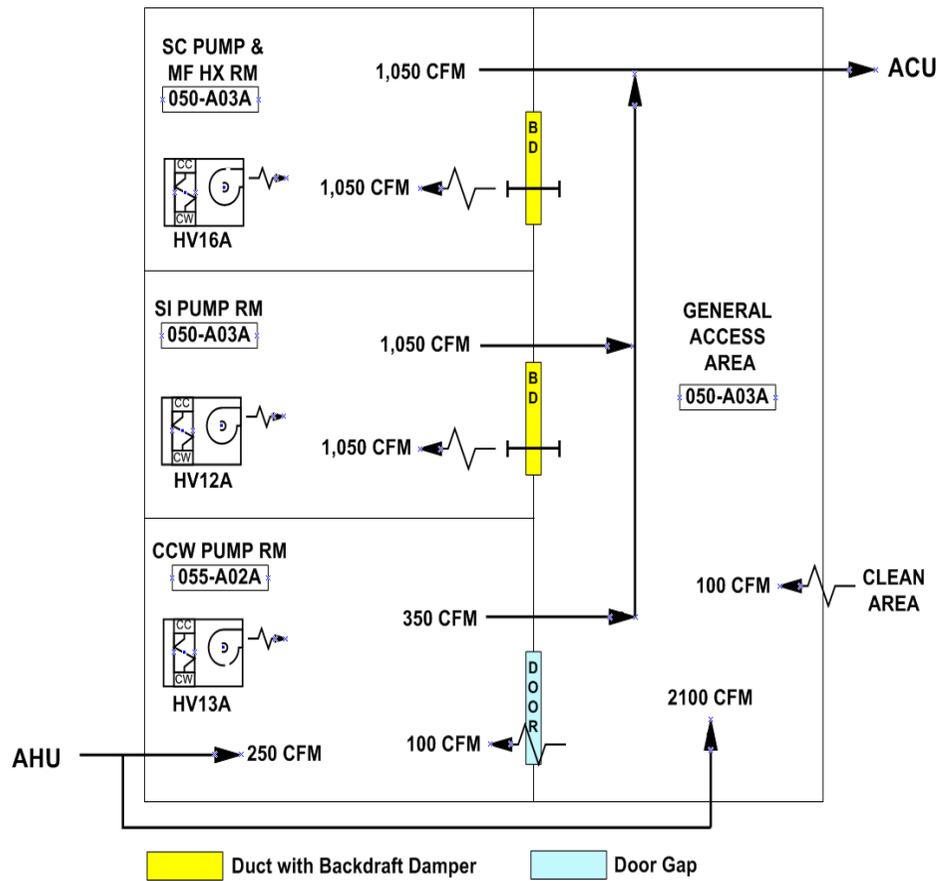
6. 응용

■ 계통 모사



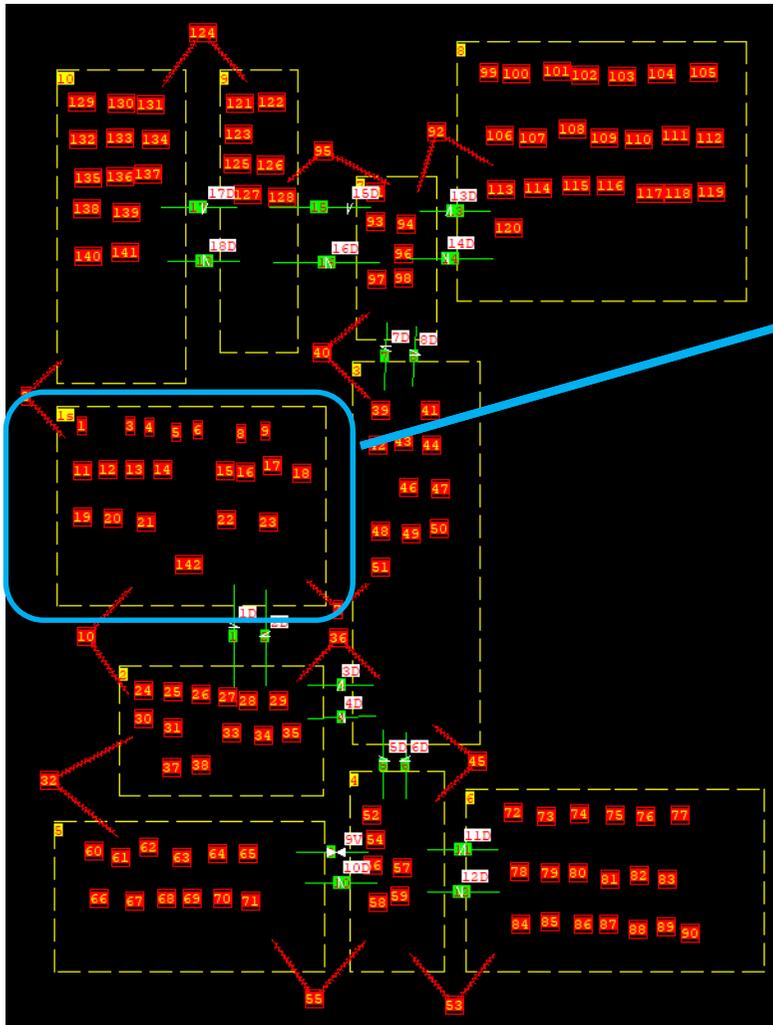
6. 응용

■ 차압 검토

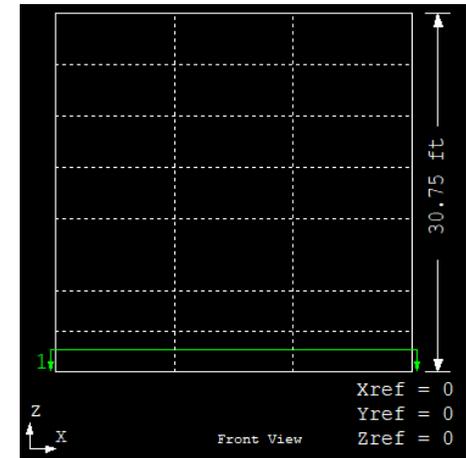
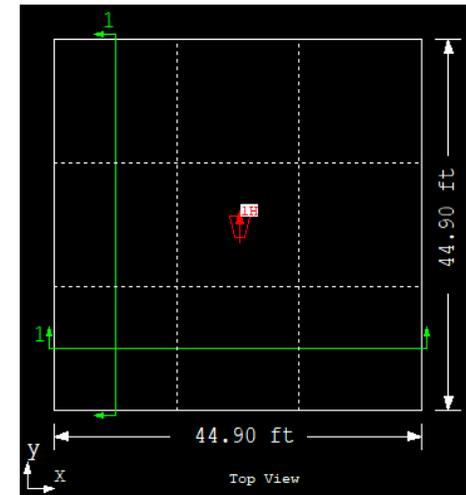


6. 응용

■ 분할 체적



LUMPED VOLUME



SUBDIVIDED VOLUME

7. 참고문헌

- NEI 12-06, Diverse and Flexible Coping Strategies (FLEX) Implementation Guide, Rev. 1
- NUMARC 87-00, Guidelines and Technical Bases for NUMARC Initiative Addressing Station Blackout at Light Water Reactors, Rev. 1
- GOTHIC Manuals

Thank you !!!