

지하주차장 환기설비

이성환/(주)엑타 대표이사

[문의전화 (02) 511-4604]

최근 차량의 증가로 지하주차장의 수요가 급증함에 따라 원가절감 차원에서 일정한 층고가 유지되어야 하는 원형덕트를 이용한 고속환기방식을 대체하기 위하여 현재 검토되고 있거나 제안된 지하주차장 환기방식으로 축류형, 원심형 또는 사류형 환에 직접 노즐을 부착시킨 무덕트 환기설비가 있다. 본고는 무덕트 환기 방식에 적용되는 환기이론, 설계기준 및 시스템의 비교와 분석 등을 통하여 무덕트 환기방식의 장·단점을 비교한 내용이다. [편집자 註]

[1] 머리말

건축공사에 있어서 원가절감 방안으로 여러가지 대안과 공법의 향상이 요구되어 지는데 그중의 하나가 층고를 줄이는 것이다.

최근 차량의 증가로 지하주차장의 수요가 급증함에 따라 원가절감 차원에서 일정한 층고가 유지되어야 하는 원형덕트를 이용한 고속환기방식을 대체하기 위하여 현재 검토되고 있거나 제안된 지하주차장 환기방식으로 축류형, 원심형 또는 사류형 환에 직접 노즐을 부착시킨 무덕트 환기설비가 있다. 본 원고에서는 무덕트 환기방식에 적용되는 환기이론, 설계기준 및 시스템의 비교와 분석 등을 통하여 무덕트 환기방식의 장·단점을 간단히 소개하고자 한다.

[2] 무덕트 환기방식

무덕트 환기방식은 기존의 이코노즐방식에 비해 기본원리와 이론은 대등 소이하나 덕트없이

축류형, 원심형 또는 사류형 환에 직접 부착된 노즐에 의해 공기를 유인 유도하는 방식으로 덕트가 생략되었기 때문에 무덕트라 불리운다.

(1) 환기이론

한 개 또는 다수의 싱글환에서 고속으로 공기를 뿜어내, 그 에너지로 신선한 외기의 유인과 실내공기의 강제교반을 유도하여 지하주차장 또는 대공간과 같이 한정된 공간의 환기에 적합하도록 하였다.

그리고 직렬 또는 병렬로 배치된 싱글환에 의해 공기의 흐름을 만들어서 환기를 하므로 자동차 배기가스의 국소적인 정체 현상이 생기기 어려워 설혹 생기더라도 불안전하고 유동적이 되는데 이러한 이유는 실내공기를 외기와 완전교반 희석시킨다는 가정하에 이루어진 것이다. 따라서 실내공기를 완전 교반 희석하기 위하여 다음의 전반적인 요소들이 검토되어야 하나 본

원고에서는 싱글휠 유니트에 관련된 내용만 검토하기로 한다.

- ① 실내 잔류풍속(지하주차장의 경우 0.5m/sec 이하 적용)
- ② 온도차(급기온도와 실내온도와의 차)
- ③ 유인공기량
- ④ 확산 반경
- ⑤ 와류상태에서의 공기 방향(실내 순간 발열체 및 외부 영향체)
- ⑥ 도달거리
- ⑦ 제트에너지
- ⑧ 급·배기구의 위치 및 속도
- ⑨ 실내 오염물질 발생 위치 및 발생량

다음으로 실내에서 환기효과를 기대하기 위하여 외기를 실내에 공급하게 될 때 요구되는 급기구의 파동은 다음과 같다.

$$I = \int_0^A \mu^2 dA / L \quad L: \text{실의 길이} \text{ --- 식 ①}$$

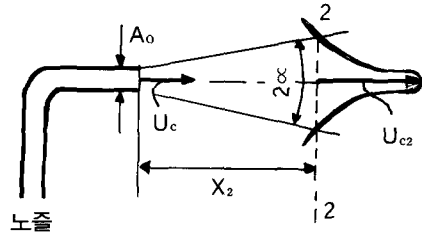
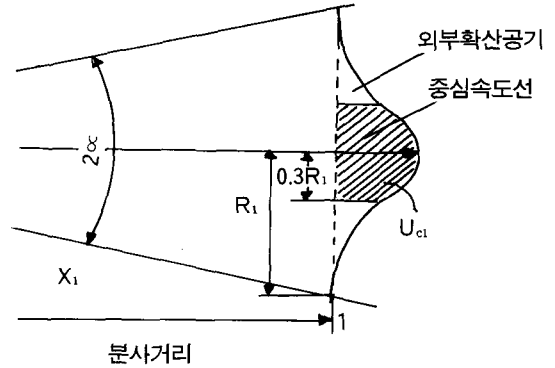
이때 실내의 잔류풍속은 0.5m/sec 이하를 기준으로 한다.

[그림 1]에서 [그림 4]를 설명하기 위해 다음과 같이 정의한다.

- | | |
|----------------------------|--------------|
| L: 길이 | u: 속도 |
| R: 반경 | A: 면적 |
| r: 반경 | g: 중력 가속도 |
| U_i : 급기구유속 | t_r : 실내온도 |
| U_o : 노즐분사속도 | t_i : 급기온도 |
| $\eta = \frac{R}{R_{0.5}}$ | d: 노즐구경 |
| Φ : 분사각도 | T: 절대온도(°K) |
| q_m : 유량 | ρ : 밀도 |

단면 1에서의 유량은 다음과 같다.

$$q_{m1} = \int_0^\infty \int_0^{2\pi} \rho \cdot u_{c1} \cdot e^{-\eta^2 \ln^2 \cdot r \cdot d \cdot \Phi} \cdot dr \text{ ----- 식 ②}$$



[그림 1] 노즐의 분사형태

단면 1에서의 파동은 다음과 같다.

$$I_1 = \int_0^\infty \int_0^{2\pi} \rho \cdot u_{c1}^2 \cdot e^{-2\eta^2 \ln^2 \cdot r \cdot d \cdot \Phi} \cdot dr$$

$$= \int_0^A \rho u_i^2 \cdot dA \text{ ---- 식 ③}$$

분사반경

$$R_1 = \int_0^{X_1} t \cdot g \cdot a \cdot dx_1 \text{ --- 식 ④}$$

따라서 노즐 중심의 속도는 U_{c1} 으로 나타나고 분사거리의 $0.3R_1$ 배 만큼 유량이 많이 흐르게 되는데, 이것은 등속도 선상유량의 약 50%에 해당되며 나머지 50%는 실내로 퍼져나가게 된다. 이때 퍼지는 각도는 2α 는 24° 이다.

단면 2에서의 유량은 다음과 같다.

$$I_2 = \int_0^\infty \int_0^{2\pi} \rho u_{c_2} \cdot e^{-\eta^2 I n^2} \cdot r \cdot d \cdot \Phi \cdot dr$$

$$\approx \frac{1}{2} \int_0^\infty \int_0^{2\pi} \rho u_{c_1} \cdot e^{-\eta^2 I n^2} \cdot r \cdot d \cdot \Phi \cdot dr$$

---- 식 ⑤

단면 2에서의 파동은 다음과 같다.

$$I_2 = \int_0^\infty \int_0^{2\pi} \rho u_{c_2} \cdot e^{-\eta^2 I n^2} \cdot r \cdot d \cdot \Phi \cdot dr$$

$$\approx \frac{1}{2} \int_0^\infty \int_0^{2\pi} \rho u_{c_1} \cdot e^{-\eta^2 I n^2} \cdot r \cdot d \cdot \Phi \cdot dr$$

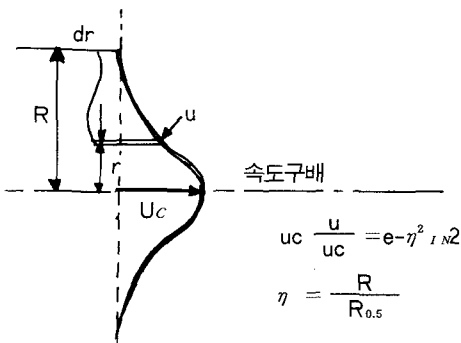
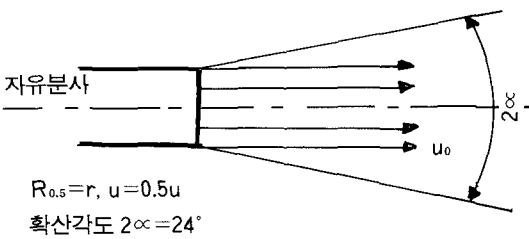
$$+ \int_0^{A_0} \rho \cdot u_0 2 \cdot dA$$

---- 식 ⑥

분사반경 R₂의 유량

$$R_2 = \int_0^{x_2} t \cdot g \cdot a \cdot d \cdot x_2$$

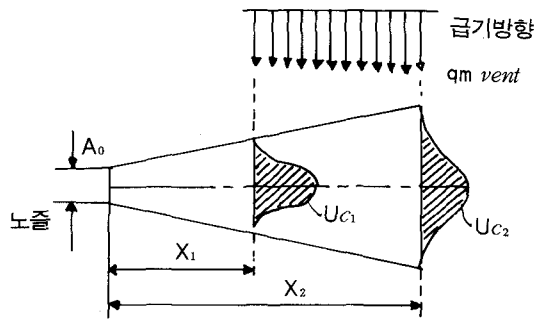
---- 식 ⑦



[그림 2] 자유분사 속도 구배

자유분사에서 식 ①에서 식 ⑦을 이용하면 어떠한 경우라도 도달거리에 따른 분사폭, 유인유

량, 도달거리 등을 쉽게 구할 수 있다. 왜냐하면 분사각도가 항상 일정하기 때문이다. 또한 실내의 구조가 복잡한 경우에 예를 들어 기중이나 보 등에 의하여 공기의 흐름이 방해되거나 정체될 경우에는 [그림 3] 과 같은 공기의 흐름을 유지하며 월등한 환기효과를 얻을 수 있는데, 이때는 다음 식⑧과 식⑨를 이용하면 된다.



[그림 3] 자유분사 방향

$$u_{c1} = C \cdot \sqrt{\frac{x}{A_0}} \cdot u_0$$

여기서 C≒6정도 ---- 식 ⑧

파동발란스:

$$\int_0^\infty \int_0^{2\pi} \rho u^2 C_1 \cdot e^{-2 \eta^2 I n^2} \cdot r \cdot d \cdot \Phi \cdot dr =$$

$$\int_0^\infty \int_0^{2\pi} \rho \cdot u^2 c_2 \cdot e^{-2 \eta^2 I n^2} \cdot r \cdot d \cdot \Phi \cdot dr$$

----- 식 ⑨

연속방정식:

$$\int_0^\infty \int_0^{2\pi} \rho u c_1 \cdot e^{-\eta^2 I n^2} \cdot r \cdot d \cdot \Phi \cdot dr =$$

$$\int_0^\infty \int_0^{2\pi} \rho \cdot u c_1 \cdot e^{-\eta^2 I n^2} \cdot \gamma \cdot d \cdot \Phi \cdot dr + q_m$$

----- 식 ⑩

(2) 싱글헨 유니트의 분사속도 감소

분사속도는 다음 식⑩과 같이 감소되어진다. 이때 사용된 상수 4.5는 실내의 장애물에 의하여 자유분사가 이루어지지 못하게 되므로써 얻어지는데 자유공간에서의 상수는 6이다.

$$\frac{u_x}{u_i} = 4.5 \times \frac{d_o}{x} \quad \text{---- 식 ⑩}$$

여기서 u_x : 도달거리 X에서의 유속
 u_i : 분사속도
 d_o : 노즐구경
 X : 도달거리

(3) 유인공기량의 산정

노즐에 의해 유도되는 공기량은 다음 식에 의하여 구해지게 되는데 이때 분사된 공기가 공간 내의 구조체 즉 차량, 기둥, 또는 기타 장애물에 의하여 지장을 받는다는 가정하에 사용된다.

$$\frac{q_{mx}}{q_{mi}} = 0.2 \times \frac{x}{d_o} \quad \text{---- 식 ⑫}$$

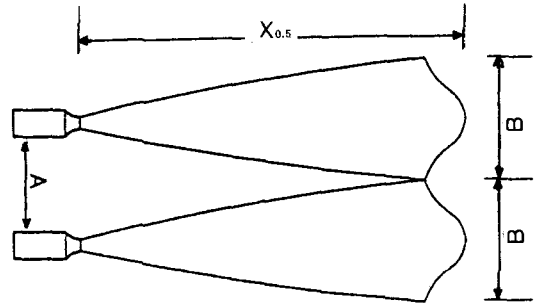
여기서 X : 도달거리
 d_o : 노즐구경
 q_{mx} : 도달거리 x에서의 유인공기량
 q_{mi} : 노즐의 분사유량

그러나 대공간에서 장애물에 의하여 장애를 받지 않고 자유분사되는 노즐의 유인공기량은 다음과 같다.

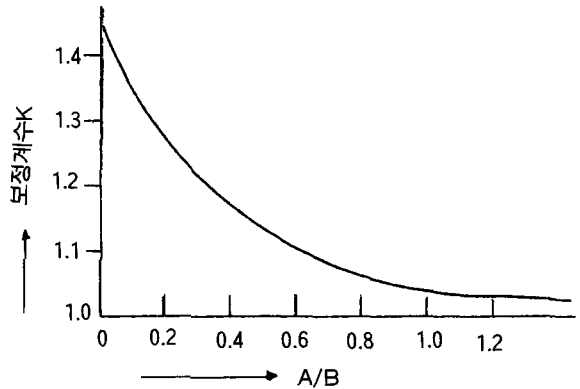
$$\frac{q_{mx}}{q_{mi}} = \frac{2}{6.0} \cdot \frac{x}{d_i} = 0.33 \cdot \frac{x}{d_i} \quad \text{---- 식 ⑬}$$

(4) 두 개 이상의 평행 노즐에 의한 속도 감소 및 유인공기량 증가의 변화

두 개의 노즐이 [그림 4]와 같이 설치될 때의 중심속도의 변화는 다음 식⑭와 같은 관련도표에 의하여 보정계수 k를 얻을 수 있다.



[그림 4] 2개의 노즐에 의한 공기흐름



[그림 5] 보정계수

$$\frac{u_x}{u_i} = k \times 4.5 \times \frac{d_o}{x} \quad \text{---- 식 ⑭}$$

또한 두 개 이상의 노즐이 동일 방향으로 공기를 분사할 때 도달거리와 유인공기량의 변화는 다음 식⑮, ⑯과 같다.

$$\frac{u_x}{u_i} = \sqrt{n} \cdot 4.5 \cdot \frac{d_o}{x} \quad \text{---- 식 ⑮}$$

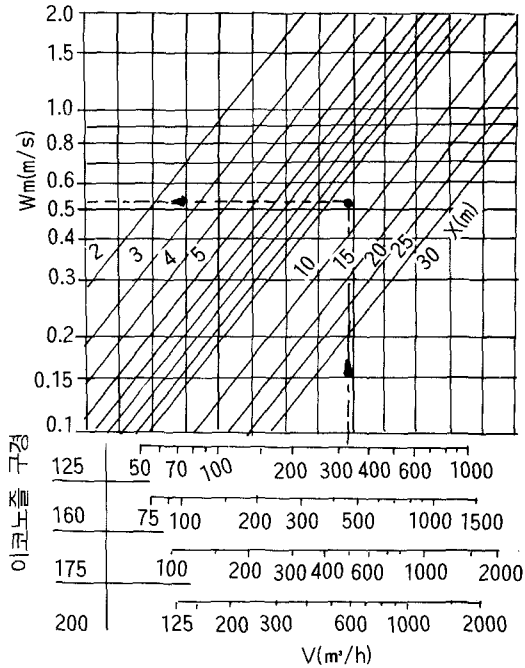
$$\frac{q_{mx}}{q_{mi}} = \sqrt{n} \cdot 0.2 \cdot \frac{x}{d_o} \quad \text{---- 식 ⑯}$$

여기서 q_m 는 노즐 한 개의 분사량이고 n 은 노즐의 개수이다.

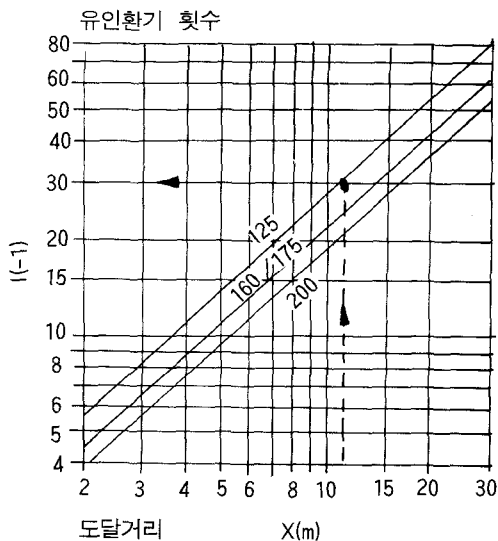
(5) 관련 도표

상기 (1)항의 노즐분사 이론에서부터 (4)항까

지의 관련식을 이용해서 두 개 이상의 평행 노즐에 의한 속도 감속 및 유인공기량 증가의 변화량

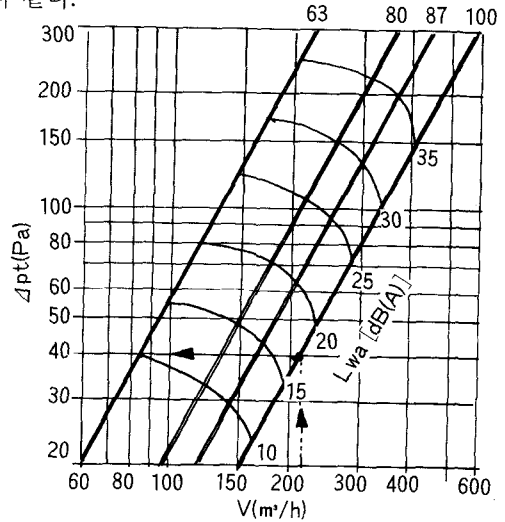


[도표 1] 풍량, 도달거리, 잔류풍속 (노즐구경 63-100 ϕ)

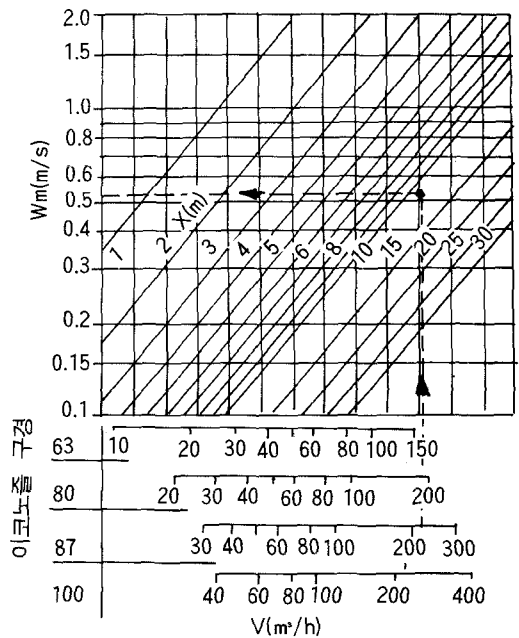


[도표 2] 유인환기 횡수 (노즐구경 63-100 ϕ)

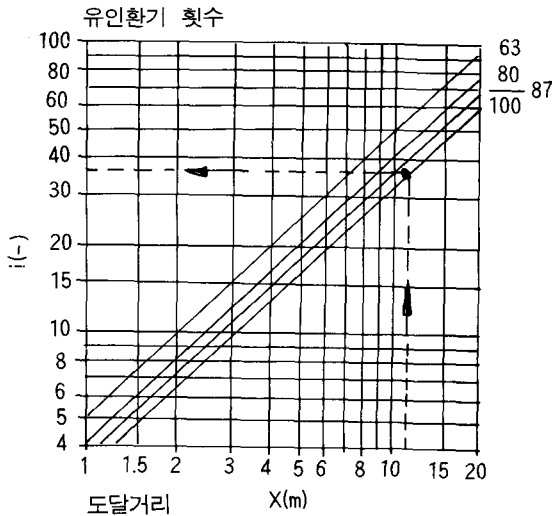
을 노즐의 구경에 따른 잔류풍속의 변화, 유인공기량, 도달거리 소요정압, 소음치 등을 알기 쉽게 도표화한 것은 다음 [도표 1]에서 [도표 6]까지와 같다.



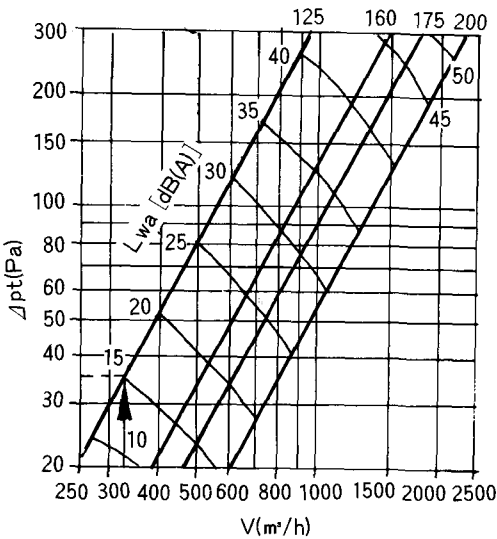
[도표 3] 풍량에 따른 소음 및 정압손실 (노즐구경 63-100 ϕ)



[도표 4] 풍량, 도달거리, 잔류풍속 (노즐구경 125-200 ϕ)



[도표 5] 유인환기 횟수 (노즐구경 125-200φ)



[도표 6] 풍량에 따른 소음 및 정압손실 (노즐구경 125-200φ)

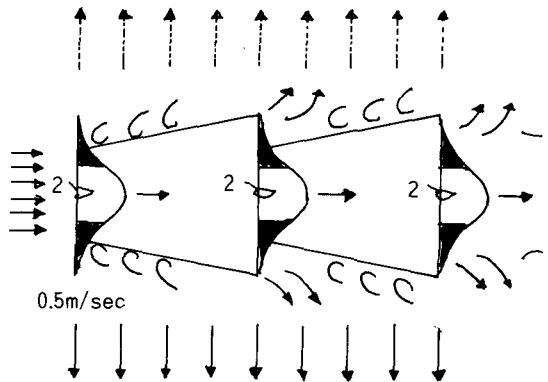
(6) 설계기준

지하주차장에서의 설계기준은 잔류풍속을 0.5m/sec 이하를 유지하여야 하고 실내공기의 정체현상을 배제하기 위한 노즐의 적절한 배치와 동시에 유인공기량을 극대화할 수 있는 방법의

모색에 있다.

즉, 실내 잔류풍속이 0.5m/sec가 되는 지점에 다른 하나의 유닛을 설치하여 급기구로부터 이송된 실내공기를 재반송할 수 있도록 하여야 한다.

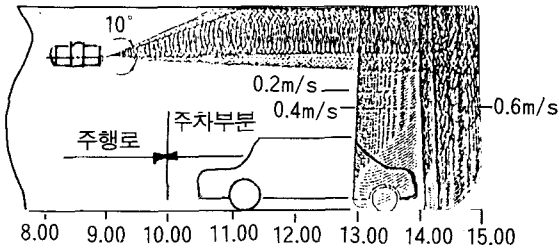
따라서 노즐은 [그림 6] 과 같이 설치하여야 한다.



[그림 6] 노즐설치요령

또하나의 설계기준으로서의 벽체표면 열전달율, 면풍속, 희석효과 등을 고려한 실내공기의 외기와의 충분한 교반을 위한 실내공기 교반 요구량이 있다. 우리나라 지형 특성상 하절기 지중온도는 15℃~17℃이며 외기온도는 28℃~30℃로서 지중에 직접 매설된 외벽의 노점온도는 21℃~23℃가 된다. 따라서 벽체 열전달율이 25kcal/sec 이상이 되도록 하여야만 환기에 의한 결로 방지대책으로서 효과가 있는데 이때 요구되는 면풍속은 3m/sec 이상이며 최저 실내공기 교반 횟수는 시간당, 체적당 50회 이상이다. 이때 비로소 실내공기는 완전 희석 혼합되어 상하 온도 구배는 물론 치환구역과 정체구역이 없어지게 된다. 따라서 설계기준은 잔류풍속 0.5m/sec 이하 유지되어야 하는 것과 실내공기 최저 교반횟수 50회 이상을 만족시켜야 하는 것이 요구된다. 특

히 지중에 직접 매설된 외벽의 경우에는 코안다 효과와 아르키메데스 수를 이용한 분사를 하면



d_i	[m]:	9.0
d_w	[m]:	15.0
Q_o	[1/s]:	388.0
k_a	[1/h]:	0.1
V_o	[m/s]:	13.0
dT_w	[C]:	0.0
V_w	[m/s]:	0.6
V_{rev}	[m/s]:	0.1
d_{pt}	[Pa]:	127.0
Alfa	[]:	10.0

[그림 7] 코안다 효과를 위한 분사

면풍속의 증대 효과를 가져와 환기에 의한 결로방지에 효과적이다.

(7) 무덕트 환의 종류 및 특성

현재까지 국내에서는 원형 원심형 환과 각형 원심형 환을 이용한 두 가지 종류의 무덕트 환이 개발되었으며 이를 토대로 각종 자료를 종합 분석한 결과는 다음 [표 1]과 같다. 여기서 외국제품에 대한 자료는 생략한다.

[3] 시스템 비교 분석

임의로 선정된 지하주차장을 모델로 하여 고속제트시스템과 무덕트 시스템을 각각 설계 기준에 적합하게 적용한 결과를 종합적으로 비교 분석하면 다음과 같다.

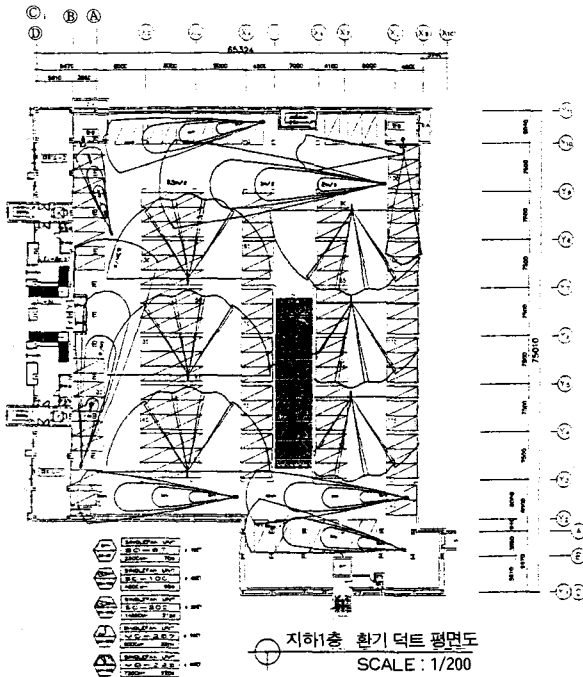
(1) 설계 타당성 검토

아파트 지하주차장에서 공동구 및 급·배수, 오수 및 소화라인을 처리하기 위한 보편적인 층고

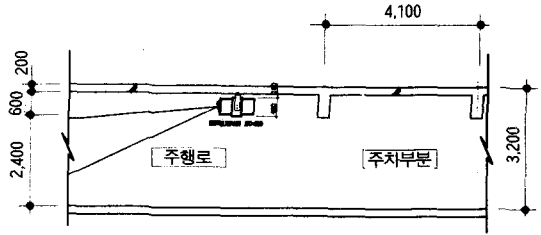
[표 1] 무덕트 환의 종류 및 특성

항목	형식	내용(분사노즐 구경)		비고	
1. 제품크기	S087	780L × 240D × 87 ∅		원형 환	
	SO100	725L × 330D × 100 ∅			
	S0200	950L × 410D × 200 ∅			
	MO287	900 × 500 × 87 ∅(2EA)		각형 환	
		M0325	900 × 500 × 45 ∅(9EA)		
		M0480	1150 × 500 × 80 ∅(4EA)		
2. 토출풍속 풍량	토출 풍속		풍량		
	S087	12m/sec	250 CMH		
	S0100	17m/sec	480 CMH		
	S0200	13m/sec	1800 CMH		
	S0287	14m/sec	600 CMH		
	S0325	12.2m/sec	720 CMH		
	S0480	10m/sec	720 CMH		
3. 도달거리 유인공기량 가능 환기 면적	도달거리		유인공기량	환기면적	잔류풍속 0.5m/sec인 지점기준
	S087	13m	12,500CMH(50회)	70㎡	
	S0100	25m	38,400CMH(80회)	270㎡	
	S0200	35m	108,400CMH(60회)	460㎡	
	MO287	17m	36,000CMH(60회)	310㎡	
	MO325	11m	47,520CMH(66회)	270㎡	
	MO480	12m	36,000CMH(50회)	320㎡	
4. 소음치 소비전력	소음치		소비전력		환으로부터 1.5m지점에 서의 소음치
	S087	53dB(A)	70W		
	S0100	50dB(A)	95W		
	S0200	55dB(A)	215W		
	MO287	51dB(A)	220W		
	MO325	51dB(A)	220W		
	MO480	51dB(A)	220W		

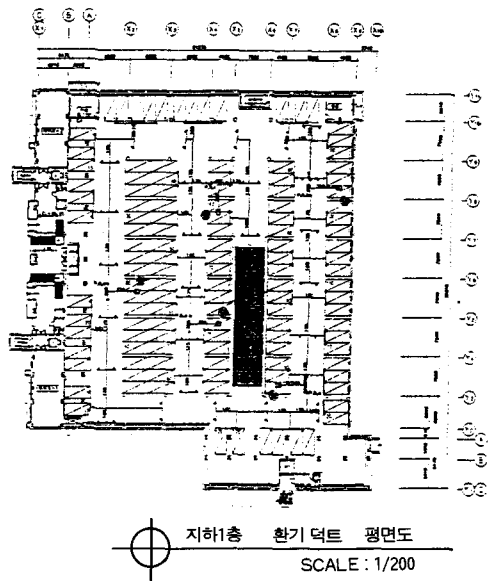
는 3,200이다. 따라서 주어진 층고 내에서 각 시스템의 타당성을 검토한 결과 다음 [그림 8], [그림 9], [그림 10], [그림 11] 과 같이 이상이 없는 것으로 판정되었다.



[그림 8] 무덕트시스템 설계도



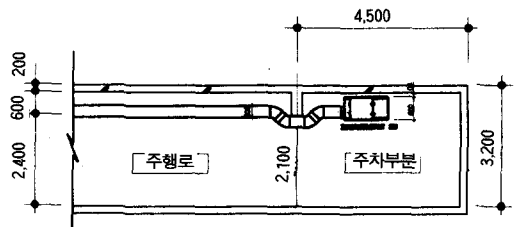
[그림 9] 무덕트 설치단면도



[그림 10] 고속제트시스템 설계도

EPAC 220	이코노졸 FAN UNIT EPAC-220 2.2kw 43CMM 160mmAc	×5 SET
----------	--	--------

△이코노졸 TYPE "DRALL" 30 ϕ ×112EA
▲이코노졸 TYPE "DRALL" 40 ϕ ×12EA
(터보배인 내장형 : 미국 특허 #5370578)



[그림 11] 고속제트 설치단면도

(2) 유인공기량 검토

1) 고속제트방식의 경우

① 기류 종단 풍속

$$\frac{V_x}{38.9} = K \times 4.5 \times \frac{0.03}{10} = 0.53 \text{ m/s}$$

② 노즐 한 개당 유인공기량

$$\frac{99}{Q_x} = 0.2 \times \frac{10}{0.03} = 6,600 \text{ CMH}$$

③ 총유인공기량 계산

30 ϕ 가 130EA(여기서 40 ϕ 는 30 ϕ 의 1.5 적용)

$$130EA \times 6,600 \text{ CMH} = 858,000 \text{ CMH}$$

2) 무덕트 쉘의 경우

S0100 : 1대, 유인공기량	38,400 CMH
S0200 : 7대, 유인공기량	108,400 CMH
M0287 : 1대, 유인공기량	36,000 CMH
M0325 : 7대, 유인공기량	47,520 CMH

총 유인공기량 1,163,040 CMH

유인 환기효과

$$I_E = \frac{1,163,040 \text{ CMH}}{11,200 \text{ m}^3} = 103.8 \text{ 회/시간당}$$

고속제트방식과 무덕트 쉘의 유인공기량을 검토해보면 모두 유인환기량 권장치인 50회/시간당을 초과하여 유인환기량은 양호한 것으로 나타났다.

(3) 환기성검토

1992년에 개정된 주차장법 시행규칙에 의하면 「노외주차장 내부 공간의 일산화탄소의 농도는 주차장을 이용하는 차량이 빈번한 시각의 전후 8시간 평균치가 50ppm 이하로 유지되어야 한다」라고 규정되어 있다.

참고로 1989년 9월에 발표된 지하공간 환경권 고치는 8시간 평균이 20ppm 이하로 되어 있다. 따라서 지하주차장내의 일산화탄소 농도가 50ppm에 이르게 되면 단시간 내에 외기를 인입하여 실내의 일산화탄소 농도를 떨어뜨려야 되는 데 이때 반드시 규정되고 검토되어야 하는 것이 환기성이다.

즉 건물 내에서 발생된 오염물질을 외기와 혼합하여 완전 배출하거나 규정치 이하로 유지시키는 데 걸리는 시간을 기준으로 환기성이 평가되어야 한다는 것이다, 본 원고에서는 양 시스템의 오염물질 배출시간을 트레이서 가스테크닉을 사용하여 측정하였다. 왜냐하면 일산화탄소 감지기의 허용오차가 ±5% 이내이고 범위는 0-250ppm이므로 신빙성이 없기 때문이었다, 따라서

[표 1] 과 같이 세 가지 항목에 의하여 환기성을 검토한 결과는 아래와 같다.

[표 2] 환기성검토

항 목	고속제트 시스템	무덕트 시스템	비 고
노즐 토출속도	35m/s	12 ~ 17m/s	
오염물질 배출시간	15분	45분	$V_{EFF} = \frac{V_E - V_S}{V_R - V_S}$ V _E : 배기농도 V _R : 실내농도 V _S : 급기농도
결로여부	결로제거	결로잔존	

무덕트 쉘시스템의 경우, 유인공기량이 많게 설계되었음에도 불구하고 오염물질 배출시간이 길게 나타났다. 이유는 공기 정체구역(AIR POCKET)이 공기 이송 경로상에 많이 발생하여 공기의 흐름을 이어주지 못한 것으로 분석되었다. 따라서 무덕트 쉘시스템을 이용하여 설계를 할 때에는 유인환기량을 기준으로 설계할 것이 아니라 [그림 6]의 노즐설치요령에 따라 분사폭과 잔류풍속을 고려하여 설계되어야 한다.

(4) 초기투자비

초기투자비는 별도의 특수 목적의 요구 즉 버스박차장, 증기정비공장 등과 같이 디젤차량에 의해 발생하는 매연처리장치 등이 없는 한 차이가 극히 미미한 것으로 나타났다. 단지 고속제트 시스템은 전기구, 소화설비, 오배수, 기타 배연덕트 등과 연관지어 설치도면을 사전에 검토하여야 하며 무덕트시스템은 관리 포인트가 상대적으로 많은 관계로 전기공사와 자동제어를 사전에 검토하여야 한다. 공정 또는 시공 관리상에 별도의 지장을 주지 않는 시스템인 관계로 양 시스템 모두 시공상 문제는 없는 것으로 판단되었다.

(5)보수 및 유지비용 비교

설치후 운전과정에서 고속제트시스템은 공기의 흐름이 고정적으로 유지되나 무덕트시스템은 공기의 흐름을 고정적으로 유지하기 위하여 주 1회 또는 정기적인 점검이 요구된다. 왜냐하면 고속제트시스템에서 사용되는 쉘의 정압은 150~170 mmAq로써 실내의 부유 오염물질이 쉘 내부 또는 임펠러에 침착되지 않으나 무덕트 시스템에서의 쉘 정압은 20~40 mmAq로써 고속제트시스템에 비해 상대적으로 낮은 압력에서 운전이 된다. 따라서 운전중 차량에서 발생된 매연 등 기타 오염물질이 쉘 날개와 케이싱 내벽에 침착되어 정압의 저하는 물론 이로 인하여 지하주차장 내부 공기의 흐름을 완만하게 유도하여 환기성이 급격히 저하되는 원인이 되기 때문이다.

또한 고속제트시스템은 회석효과가 양호하며 노즐의 각도를 조정할 수 있는 융통성은 물론 환기 효과를 증대시킬 수 있어 오염물질의 배출시간이 줄어들어 따라 쉘의 사용시간을 줄일 수가 있다.

그러나 무덕트시스템은 쉘 자체 소요동력은 많지 않으나 실내 환경유지를 위해 거의 2배 이상의 운전시간이 요구된다.

특히 무덕트 환기방식에서 사용되는 쉘의 날개는 방폭형(Anti-Spark)으로 제작되어 주차되어 있는 차량의 누유로 인한 안전에 대비하여야 하며 쉘의 모터는 과부하 또는 발열에 의한 모터의 소손을 방지하기 위하여 모터 보호장치가 반

드시 내장되어야 하는 점이 강조된다.

[5] 맺음말

원형덕트를 이용한 고속제트 환기방식을 대체하기 위하여 검토되고 있는 무덕트 환기방식을 연구 분석한 결과는 다음과 같다.

1) 무덕트 환기방식에 적용되는 환기이론은 고속제트방식과 같다.

2) 지하주차장의 오배수, 배연덕트, 소화라인, 공동구, 전기구 등의 설치에 필요한 절대충고 내에서 양 시스템 모두 설치가 가능하다.

3) 환기이론에 근거한 유인공기량은 모두 양호하나 오염물질 배출시간이 무덕트시스템의 경우 약 3배 이상 걸리며 결로 제거를 하지 못하는 것으로 나타났다. 따라서 무덕트시스템을 사용시에는 건축 시공측면에서 결로제거방안과 대책이 반드시 강구되어야 하며 설계 및 설치시에는 공기 정체구역(Air-Pocket)이 발생되지 않도록 설계이론에 충실하여야 한다.

4) 초기투자비는 양 시스템이 거의 동일하다.

5) 무덕트시스템의 경우 보수 및 유지를 위하여 주기적인 점검시 공기의 흐름과 쉘의 이상 유무를 반드시 확인하여야 한다.

결론적으로 현재 제안되거나 검토하고 있는 무덕트 환기설비는 시공의 간편함이라는 장점이 있는 반면 환기성이 떨어지고, 결로 제거가 곤란하고 주기적인 점검이 필요한 단점들이 있다. 따라서 지하주차장 환기설비 품질 성능관리 및 보수유지측면에서 이러한 단점들이 보완된 후에 대체 시스템으로 채택되어야 한다.

[참고문헌]

1. 이성환 1989 / 지하주차장 환기설비 개선에 관한 연구
 2. 이성환 1991 / 대공간 환기설비 개선에 관한 연구
 3. 김용훈 1993 / 지하주차장의 적정환기량 산정에 관한 연구
 4. 이상수 1994 / 공동주택의 주방 배기시스템 개선에 관한 연구
 5. 조주형 1997 / 환기에 의한 아파트 지하주차장 결로방지에 관한 연구