

냉각탑 소음에 의한 고층건물 내외부에서의 소음영향평가 및 대책

The noise influence evaluation and countermeasure to the high-rise building by cooling tower noise

윤제원* · 이홍기* · 손성완* · 유국현*

Je-Won Yoon, Hong-Ki Lee, Sung-Wan Son, Kuk-Hyun Ryu

Key Words : 냉각탑(cooling tower), 표준냉각톤(CRT : cooling refrigeration ton), NC(noise criteria)

ABSTRACT

수원 삼성전자 DM연구소(R4) 신축동 6층 옥상에 위치한 냉각탑으로 인해 인근 연구실 및 사무실에 소음 전파 우려가 있어 이에 대한 소음영향 평가를 수행하고 대책을 수립하고자 한다. 이를 위해 연구실에 대한 소음기준을 설정하고 음향해석기법을 이용하여 방음대책 수립 전·후에 대한 소음영향 평가를 수행하였으며, 냉각탑 소음을 줄이기 위한 방음대책안을 제시하였다.

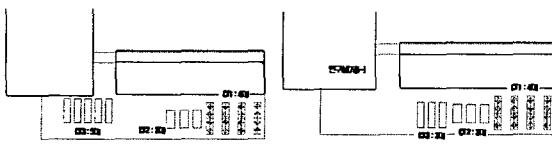
1. 서 론

수원 삼성전자 DM연구소(R4) 신축동 6층 옥상에 위치한 냉각탑으로 인해 인근 연구실 및 사무실에 소음 전파 우려가 있어 이에 대한 소음영향 평가를 수행하고 대책을 수립하고자 한다. 이를 위해 연구실에 대한 소음기준을 설정하고 음향해석기법을 이용하여 방음대책 수립 전·후에 대한 소음영향 평가를 수행하였으며, 냉각탑 소음을 줄여 소음기준을 만족하기 위한 방음대책안을 제시하였다.

아래의 [표 1] 및 [그림 1]은 냉각탑의 설치 대수 및 위치를 나타낸 것으로 제①안은 냉각탑을 6층 옥상에 고루게 분포 시키는 방안이고, 제②안은 연구실 앞의 냉각탑(CT3)을 연구실로부터 더욱 멀리 이격시키는 동시에 대수를 5대에서 3대로 줄여 설치하는 방안이다.

[표 1] 냉각탑의 대수

기 호	CT1(개방형)	CT2(밀폐형)	CT3(밀폐형)
대 수	4	3	5 or 3



[그림 1] 냉각탑의 설치 위치

2. 본 론

2.1 소음기준

신축 건물 7층 이상에서는 대부분이 연구실로 이용되고 있는데, 연구실의 경우 미국 공조냉동공학회(ASHRAE) 기준에 근거하여 소음기준을 NC30~35로 결정하는 것이 적절할 것으로 판단되며, 이는 사무실이나 소회의실 등과 같은 용도로 사용 가능한 조용한 소음 수준에 해당한다.

[표 2] ASHRAE 실내소음 기준

설 명	NC값	dB(A)	설 명	NC값	dB(A)
개인주택	25~30	35	백화점	35~45	40~50
아파트	30~35	40	극장	25~30	35
회의실	25~30	35	음악당	20~25	30
개인사무실	30~35	40	레스토랑	35~40	45~50
일반사무실	35~40	45	카페테리아	40~50	50~55

2.2 냉각탑의 소음레벨

소음해석에 필요한 냉각용량 2,250CRT인 냉각탑(종류 : 압입 송풍식)의 주파수특성 및 소음레벨은 냉각탑 제조사로부터 제공받은 데이터를 이용하였다. 또한, 나머지 용량에 해당하는 냉각탑 소음의 크기는 자료조사(KARSE B 0003 : 기계통풍식 냉각탑) 결과 냉각용량이 2배로 증가함에 따라 소음은 약 3dB 씩 증가하는 것으로 분석되었고, 용량 700CRT와 2,000CRT 와의 냉각탑에 대한 소음도는 약 5dB 정도 차이가 있는 것으로 분석되어 이를 근거로 밀폐형 냉각탑(용량 700CRT)에 대한 소음레벨을 [표 3]과 같이 결정하였다.

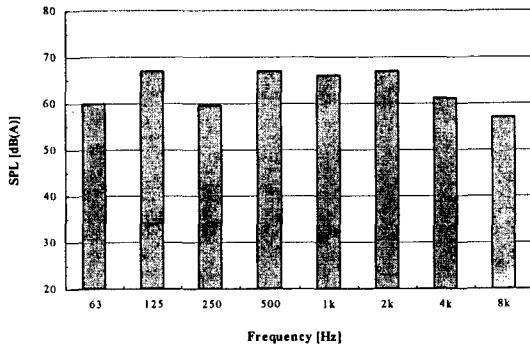
* 일엠에스테크놀러지(주)
E-mail : rmstech@rmstech.co.kr
Tel : (041)556-7600, Fax : (041)556-7603

[표 3] 냉각탑의 소음레벨

[단위 : dB(A)/대]

기호	형식	용량(CRT)	대수(대)	소음레벨
CT1	개방형	2,250	4	74
CT2	밀폐형	700	3	69
CT3	밀폐형	700	5 or 3	69

※) 단, 상기 소음레벨은 냉각탑 케이싱으로부터 팬 토출구 방향으로 10m 이격된 위치에서 측정한 결과임.



2.3 건물 외벽 구조

신축건물의 외벽(커튼월)은 대부분 두께 24mm의 복층유리로 구성되어 있는데, 이 경우 층 상부(6mm 유리 + glass wool + steel plate)의 벽체 구조가 24mm의 복층유리 부분보다 차음량이 충분히 크므로 외부에서 발생하는 냉각탑 소음은 24mm의 복층유리를 통하여 대부분 건물 내부로 전파된다. 따라서, 두께 24mm의 복층유리에 대한 투과손실을 평가하였다.

[표 4] 이중창의 투과손실 입력값

주파수 [Hz]	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k
차음량 [dB]	18	23	24	32	38	35	38	50

3. 소음해석

3.1 소음해석 방법

냉각탑에 의한 소음영향평가를 수행하고자 방음대책 수립 전·후에 대해 상용 소프트웨어를 이용하여 3차원 소음해석을 수행하였다. 소음원의 주파수특성 및 소음레벨은 전술한 바와 같이 결정하였으며, 냉각탑이 설치되는 위치에 옥타브밴드별 소음원의 음향파워레벨을 입력하였고, 건물의 회절(diffraction) 효과를 고려하였다. 또한, 지상 및 옥상 6층에서의 해석결과는 바닥 높이에서 1.5m 이격된 높이를 기준으로 나타냈으며, 건물 외부에 대한 층별 해석결과는 건물 외벽으로부터 1m 이격된 위치에서 나타내었다.

3.2 소음해석 결과

3.2.1 방음대책 수립 전

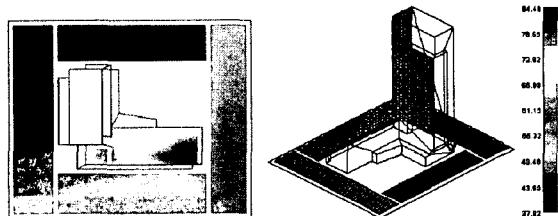
1) 건물 외부에서의 소음해석 결과

① 냉각탑 설치위치 : [그림 1]의 ①안으로 가정

[표 5] 방음대책 수립 전 건물 외부에서의 소음해석 결과

위치	7층	10층	15층	20층	25층	30층	35층	최상층
예측소음도	74.8	71.2	68.0	65.5	63.8	63.0	61.4	60.3

※) 'A' 청감보정한 전대역소음레벨(overall sound pressure level)임.



[그림 3] 방음대책 수립 전 건물 외부에서의 위치별 소음해석 결과('A' 청감 보정한 전대역소음레벨(overall SPL))

② 냉각탑 설치 위치 : [그림 1]의 ②안으로 가정

[표 6] 방음대책 수립 전 건물 외부에서의 소음해석 결과

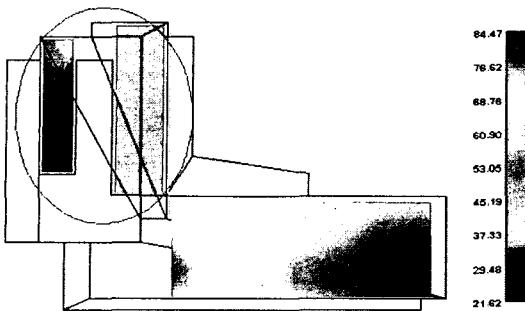
위치	7층	10층	15층	20층	25층	30층	35층	최상층
예측소음도	67.9	67.0	66.2	64.3	62.8	62.2	60.7	59.6

2) 건물 내부에서의 소음 평가 결과

① 냉각탑 설치 위치 : [그림 1]의 ①안으로 가정

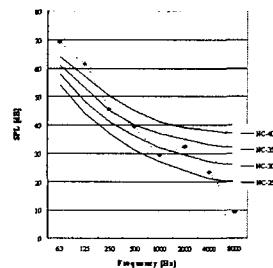
방음대책 수립 전 건물 내부에서의 소음 수준을 평가하기 위해 소음해석을 수행하였다. 소음해석 방법은 해석소프트웨어의 'Transmission panel'을 이용하여 이중창에 대한 투과손실 및 건물 내부의 흡음률을 고려한 상태에서의 건물 내부에 대한 소음도를 예측하였다. 소음예측 위치는 소음이 가장 클 것으로 판단되는 건물 내벽 부근 및 연구실 중앙 위치로 선정하였다. 연구실 7층 내부에 대한 소음해석 결과를 전대역소음레벨값으로 [그림 4]에 나타내었는데, 그림에서 보는 바와 같이 NC등급으로 NC40~45(50dB(A)) 정도에 해당하는 수준으로 소음기준으로 정한 NC30~35를 크게 상회하고 있는 것으로 예측되었으며, 연구실 중앙에서도 소음기준인 NC30~35를 상회하고 있는 것으로 분석되었다.

[그림 5] 및 [표 7]은 방음대책 수립 전 건물 내부에서의 층별 소음 수준을 평가한 것으로, 각 주파수별 소음도를 예측하고 이 값을 NC등급으로 나타낸 것이다. 특히, 방음대책 수립 전 15층 이하에서는 소음기준을 모두 만족하지 못하고 있어, 소음기준을 만족하기 위해 10dB(A) 내외의 소음저감량을 갖는 방음대책을 수립해야 할 것으로 판단된다.



[그림 4] 방음대책 수립 전 7층 건물 내부에서의 소음해석 결과

주파수 [Hz]	외부 소음도 [dB]	차음량 [dB]	내부 소음도 [dB]
63	87.3	18.0	69.3
125	84.3	23.0	61.3
250	69.3	24.0	45.3
500	71.3	32.0	39.3
1K	67.3	38.0	29.3
2K	67.3	35.0	32.3
4K	61.3	38.0	23.3
8K	59.3	50.0	9.3
dB	89.2	-	70.0



[그림 5] 방음대책 수립 전 7층 건물 내부에서의 소음평가 결과

[표 7] 방음대책 수립 전 건물 내부에서의 소음평가 결과

층수	7층	10층	20층	30층	최상층
NC등급	NC40~45	NC40~45	NC30~35	NC30~35	NC25~30

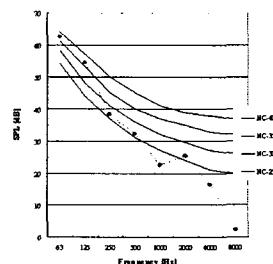
② 냉각탑 설치 위치 : [그림 1]의 ②안으로 가정

냉각탑 설치 위치를 [그림 1]의 ②안으로 가정하는 경우에 대한 소음해석 결과 10층 이하에서 소음기준을 만족하지 못하는 것으로 나타났으며, 따라서 소음기준을 만족하기 위해서 5dB(A) 내외의 소음저감량을 갖는 방음대책을 수립해야 할 것으로 판단된다.

[표 8] 방음대책 수립 전 건물 내부에서의 소음수준 평가

층수	7층	10층	20층	30층	최상층
NC등급	NC35~40	NC30~35	NC30~35	NC25~30	NC25~30

주파수 [Hz]	외부 소음도 [dB]	차음량 [dB]	내부 소음도 [dB]
63	80.4	18.0	62.4
125	77.4	23.0	54.4
250	62.4	24.0	38.4
500	64.4	32.0	32.4
1K	60.4	38.0	22.4
2K	60.4	35.0	25.4
4K	54.4	38.0	16.4
8K	52.4	50.0	2.4
dB	82.3	-	63.1



[그림 6] 방음대책 수립 전 7층 건물 내부에서의 소음평가 결과

3.2.2 방음대책 수립 후

1) 냉각탑에 소음기를 설치하는 방안

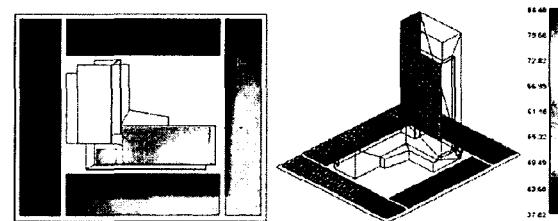
다음은 냉각탑에 흡음형 소음기를 설치하는 방음대책안에 대한 소음해석 결과를 나타낸 것으로, 약 10dB(A) 정도의 감음량을 갖는 흡음형 소음기를 냉각탑에 설치하면 모든 층에서 소음기준을 만족하리라 판단된다.

[표 9] 소음기를 설치하는 방음대책 수립 후 건물 외부에서의 소음해석 결과(A청감보정 후 전대역소음레벨)

위 치	7층	10층	15층	20층	25층	30층	35층	최상층
예측소음도	64.8	61.2	58.0	55.5	53.8	53.0	51.4	50.3

[표 10] 소음기를 설치하는 방음대책 수립 후 건물 내부에서의 소음수준 평가

층수	7층	10층	20층	30층	최상층
NC등급	NC30~35	NC25~30	NC20~25	NC20~25	NC15~20



[그림 7] 냉각탑에 10dB(A)의 소음 저감량을 갖는 흡음형 소음기를 설치하는 방음대책 수립 후 건물 외부에서의 소음해석 결과(A청감보정 후 전대역소음레벨)

② 냉각탑 설치 위치 : [그림 1]의 ②안으로 가정

다음은 냉각탑에 흡음형 소음기를 설치하는 방음대책안에 대한 소음해석 결과를 나타낸 것이다. 그럼에서 보는 바와 같이 약 5dB(A) 정도의 감음량을 갖는 흡음형 소음기를 설치하면 모든 층에서 소음기준을 만족하리라 판단된다.

[표 11] 소음기를 설치하는 방음대책 수립 후 건물 외부에서의 소음해석 결과(A청감보정 후 전대역소음레벨)

위 치	7층	10층	15층	20층	25층	30층	35층	최상층
예측소음도	57.9	57.0	56.2	54.3	52.8	52.2	50.7	49.6

[표 12] 소음기를 설치하는 방음대책 수립 후 건물 내부에서의 소음수준 평가

층수	7층	10층	20층	30층	최상층
NC등급	NC30~35	NC25~30	NC25~30	NC20~25	NC20~25

3) 창문의 차음성능을 높이는 방안

냉각탑 설치 위치를 [그림 1]의 ①안으로 가정하고, 건물 내부에서의 소음을 저감시키고자 창문의 투과손실을 높이는 방안을 검토하여 보았다. 즉, 소음기준인 NC35를 만족하기 위해서는 기존의 창문구조보다 저주파 부분(125Hz 이하)에서 최소 8dB 이상 개선된 3중창 구조로 설계해야 한다. 그러나, 경제성 및 시공성을 고려하면 창문의 투과손실을 높이는 방안은 바람직하지 못한 것으로 판단된다.

4) 방음벽을 설치하는 방안

[표 13]~[표 16]은 냉각탑 설치 위치에 따른 방음벽 설치 전·후에 대한 건물 내·외부에서의 소음해석결과를 비교하여 나타낸 것이다. 소음기준인 NC30~35 수준을 만족하기 위해서는 냉각탑의 설치 위치를 [그림 1]의 ①안과 같이 가정하는 경우에는 방음벽의 높이를 옥상 바닥면으로부터 최소 16m 정도 설치해야 하며, 냉각탑의 설치 위치를 [그림 1]의 ②안과 같이 가정하는 경우에는 방음벽의 높이를 옥상 바닥면으로부터 최소 6m 정도 설치해야 할 것으로 판단된다. 단, 방음벽 설치로 인한 소음저감효과는 고충으로 갈수록 미미해짐을 알 수 있는데, 이는 소음원 상부와 방음벽 끝단을 연결하는 가시선 상부에서는 소음이 그대로 전파되어 소음저감효과를 기대하기 어렵기 때문이다.

[표 13] 방음벽 설치 전·후 건물 외부에서의 소음해석 결과

위치	7층	10층	20층	30층	최상층	방음벽 높이
예측	74.8	71.2	65.5	63.0	60.3	방음벽 없음
소음도	52.1	62.9	65.1	62.9	60.3	16m

※) 냉각탑 설치 위치 : [그림 1]의 ①안으로 가정.

[표 14] 방음벽 설치 전·후 건물 내부에서의 소음평가 결과

위치	7층	10층	20층	30층	최상층	방음벽
NC	NC40~45	NC40~45	NC30~35	NC30~35	NC25~30	없음
등급	NC20~25	NC30~35	NC30~35	NC30~35	NC25~30	높이 16m

※) 냉각탑 설치 위치 : [그림 1]의 ①안으로 가정.

[표 15] 방음벽 설치 전·후 건물 외부에서의 소음해석 결과

위치	7층	10층	20층	30층	최상층	방음벽 높이
예측	67.9	67.0	64.3	62.2	59.6	방음벽 없음
소음도	53.4	64.0	64.1	62.1	59.7	높이 6m

※) 냉각탑 설치 위치 : [그림 1]의 ②안으로 가정.

[표 16] 방음벽 설치 전·후 건물 내부에서의 소음평가 결과

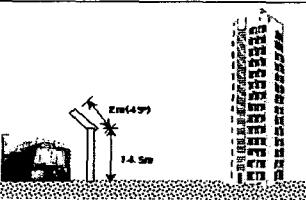
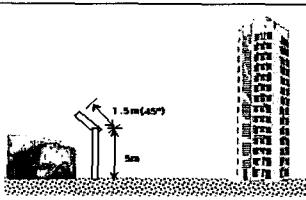
위치	7층	10층	20층	30층	최상층	방음벽
NC	NC35~40	NC30~35	NC30~35	NC25~30	NC25~30	없음
등급	NC20~25	NC30~35	NC30~35	NC25~30	NC25~30	높이 6m

※) 냉각탑 설치 위치 : [그림 1]의 ②안으로 가정.

4. 결론

삼성전자 신축동 6층 옥상에 위치한 냉각탑으로 인해 연구실에 소음 전파 우려가 있어 이에 대한 소음영향 평가를 수행하고 대책을 수립하기 위해 본 용역을 수행하였다. 소음 평가 결과 최종 방음대책안은 아래와 같이 방음벽이나 소음기를 냉각탑에 설치하면 되며, 그 높이 및 감음량은 냉각탑의 설치 위치에 따라 선택적으로 결정하면 되리라 판단된다.

[표 17] 냉각탑 소음에 대한 최종 방음대책안

CASE	CASE1		CASE2	
	냉각탑 설치 위치 : [그림 1]의 제①안		냉각탑 설치 위치 : [그림 1]의 제②안	
방음 대책 안	방음 벽 설치	높이 16m의 방음벽을 냉각탑 주위에 설치	높이 6m의 방음벽을 냉각탑 주위에 설치	
소음 기 설치				
		약 10dB(A)의 소음 저감량을 갖는 흡음형 소음기를 설치	약 5dB(A)의 소음 저감량을 갖는 흡음형 소음기를 설치	: 흡음형 소음기