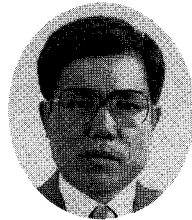


방음벽의 설계계산에 있어 PC의 이용에 대하여



李在宗
(럭키엔지니어링(주) 기술부장)

목 차

1. 서 론
2. 방음벽의 설계
 - 2.1 방음벽 설계시의 고려사항
 - 2.2 방음벽 설계를 위한 계산식
 - (1) 소음의 거리 감쇠
 - (2) 직접음의 회절음 감쇠
 - (3) 수음측 지면에 의한 반사음의 감쇠
 - (4) 회절음과 반사음의 합성
 - (5) 계산결과 종합 및 검토
 - (6) 방음벽 설계계산 Program
3. 방음벽 설계계산 program
4. 설계계산 예
5. 결언
6. 참고문헌

3. 방음벽의 설계계산 Program(예)

방음벽을 설계하는데 있어 높이 계산의 경우를 예로 들면, 음원에서 발생되는 큰소음을 낮추어

수음점에서 허용소음 Level로 되게 하기 위해 필요한 방음벽의 적정높이를 구하는 데는 현장사정 등 설계조건에 조정해 따라 또 Octave Band의 수에 따라 동일한 계산과정을 수차례 되풀이 하는 번거로움을 거쳐야 한다. 이와 같은 계산의 경우 PC를 이용하면 편리하다. Computer Program의 작성은 보통 Fortran이나 Basic 및 기타 Language 등을 사용하여 할 수 있다. 복잡한 공학관련 계산에는 Fortran을 사용하는 것이 편리하다. 그러나 일반적인 계산의 경우에는 작성자가 익숙한 어느 Language를 이용해도 별 문제가 없다.

본고에서는 Basic Language를 이용하여 작성한 방음벽의 높이 계산에 이용할 수 있는 program을 예로 소개하고 또 이해를 돕기 위하여 이를 이용한 계산결과를 수계산치와 함께 기술하였다.

3.1 Program 예

별첨2 참조

3.2 별첨2 Program에 대한 설명

1) 50~590 : 설계조건에 대한 것으로서~

60~240 : 각 부분의 설명과 이들에 관한 Data (Dimension)를 입력한다.

260~580 : 음원의 형태와 소음의 Octave Band 분석, 수음점에서의 적용 규제기준종류 및 규제치, 소음의 단위보정 필요 유무 등에 대한 설명과 계산에 필요한 Data를 입력한다.

2) 600~2260 : 소음에 대한 계산으로서~

610~1560 : 소음의 거리감쇠후 수음점에서의 소음도를 계산한다.

즉,

620~1150 : 소음의 거리감쇠 관련 계산을 한다. 계산과정은, 소음의 거리감쇠(SPLR)계산, 수음점에서의 소음규제기준치(OSCV or PNC) 계산(필요시), 음원 발생소음의 단위보정(RSPL, 필요시), 거리감쇠후 Octave Band Level(SPLR)계산, 방음벽에 의한 소음감쇠대상량(SRBW)계산 및 이들의 결과를 출력한다.

1160~1560 : 필요할 경우 방음벽의 높이 추정을 위한 예비계산을 한다. 소음감쇠대상량과 Fresnel Number와의 관계를 이용, 소음의 전파경로차를 구하고 경로차의 최대치를 기준하여 방음벽의 대략적인 필요높이(WH1)를 계산한다. 계산은 방음벽에서의 소음감쇠대상량이 과대할 경우 음원 등에 추가 방음을 해 감쇠대상량을 조정하여 할 수 있다.

1565~1820 : 음의 반사가 없을 경우 방음벽에서의 직접음의 회절감쇠(RBWD)를 계산한다. 음의 전파경로차, DE를 구하고 DE와 Fresnel Number와의 관계로부터 음의 회절감쇠치를 계산하고 결과를 출력한다. 이 경우 WH는 예비계산 결과치와 Octave Band 분석치 등을 참조, 적절히 조정, 설정하여 입력하고 필요시 반복적으로 계산을 한다.

1830~2120 : 방음벽에서 수음점지면 반사음의 회절감쇠(RBGR)를 계산한다. 음의 전파경로차 DF를 구하고 DF와 Fresnel Number와의 관계로부터 음의 감쇠치를 구한다.

2130~2265 : 방음벽에서 직접음의 회절감쇠치와 반사음의 감쇠치와의 합인 합성감쇠치(CSRD)를 계산, 출력한다.

Computer Program의 작성은 보통 Fortran이나 Basic 및 기타 Language 등을 사용하여 할 수 있다.

복잡한 공학관련 계산에는 Fortran을 사용하는 것이 편리하다.

그러나 일반적인 계산의 경우에는 작성자가 익숙한 어느 Language를 이용해도 별 문제가 없다.

3) 2268~2600 : 계산결과에 대한 것으로서~ 음원의 소음 Level에서 거리감쇠치와 방음벽에서의 합성감쇠치를 제한 소음 Level(LRSPL)과 수음점에서의 규제기준치를 비교하고 LRSPL이 규제기준치 보다 클 경우 방음벽의 높이를 조정, 다시 입력하여 방음벽의 적정 높이에 대한 계산과 결과를 출력한다.

4) 2600~2850 : 방음벽의 정점에서 음의 회절각도의 참고치를 계산, 출력한다.

5) 4000~4830 : GOSUB 문으로~

4000~4070 : 소음도를 IEC 규정에 따라 소음 Level로 환산시의 보정계수를 제공한다.

4200~4495 : PNC30, 35, 40, 45에서 주파수 분석에 따른 PNC 값을 제공한다.

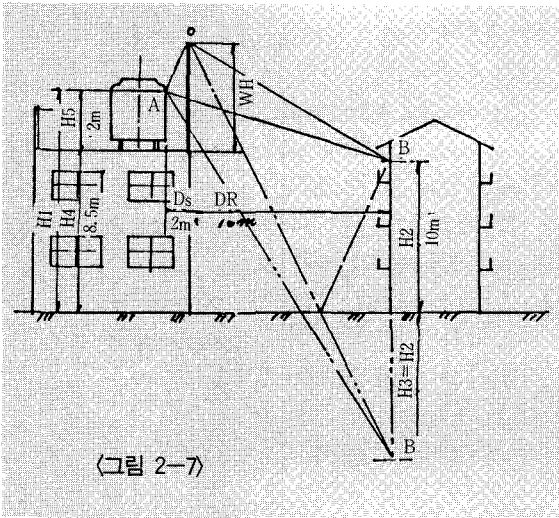
4500~4830 : Fresnel Number에 따른 소음감쇠치를 제공한다.

4. 설계계산 예

[문제]

그림2-7과 같이 주택가의 옥상에 Cooling Tower를 설치하고자 한다. 인근 아파트에 미치는 소음의 피해를 줄이기 위해 Cooling Tower의 주위에 방음벽을 설치, 차음 하려고 할때 다음 사항을 고려, 방음벽의 높이를 계산하라.

1) 아파트의 창문에서 소음치 허용기준은



2 거리감쇠후 B점에서의 SPL-식(1)을 이용, Octave Band 별로 SPL을 계산 한다. (계산결과 표2-4의 ②참조)

계산에서, PWL : Cooling Tower 발생소음의 Octave Band Power Level, dB

Q : 2

R : A, B지점간의 거리, $m(=\sqrt{(2+10)^2+(10.5-10)^2})$

3) B점에서의 소음기준치

그림2-5에서 PNC 40의 값을 읽는다. (결과치 표2-4의 ③참조)

4) 방음벽의 높이 설정을 위한 예비계산

수음측에서 음의 반사가 없는 것으로 가정하고, Cooling Tower 발생소음(PWL)의 거리감쇠후 B점에서의 SPL과 소음의 허용기준치인 PNC-40와의 차(표2-4의 ④)를 구하여 이를 방음벽 설치시 소음감음량으로 생각, 회절음의 감쇠치와 N과의 관계 및 식(2)를 이용하여 δ 를 구하고 다음 식으로 부터 WH를 계산한다. (계산결과 표2-4의 ⑤, ⑥, ⑦ 참조)

$$\frac{\sqrt{DS^2+(WH-H5)^2}+\sqrt{DR^2+(H4+WH-H2)^2}-\sqrt{(DS+DR)^2+(H1-H2)^2}}{\delta m}$$

위 식에서 δm 값은 너무 크게 잡을 경우 비경제적인 방음벽이 되므로 각 Octave Band의 소음을 검토, 소음이 주로 문제가 될 주파수범위를 감안하여 선정함이 요구된다. 본예에서 δm 는 63Hz에서의 값인 5.39m를 택하였다.

5) 방음벽에 의한 직접음의 회전감쇠(RBWD)

그림 2-6의 ΔAOB 에서 $WH=7.4m$ 로 하여 소음전파경로차 δ_1 을 구한 다음 δ_1 을 이용, 식(2)로부터 Octave Band 별 N_1 의 치소치를 구하고 그림 2-2 또는 식(4)나 $13+3\log(N)/\log 2$ 식에서 RBWD를 계산한다. (계산결과 표 2-4의 ⑧ ⑨⑩참조) -그림2-6은 92년 3월 회보 p57 참조

6) 지면에 의한 반사음의 감쇠(RBGR)

그림 2-6의 ΔAOB 를 기준으로 하여 5) 항에서와 같은 방법으로 δ_2 , N_2 와 RBGR을 계산한다. (계산결과 표 2-4의 ⑪⑫⑬참조)

7) 합성감쇠음(CSRD)

PNC-40으로 한다.

2) Cooling Tower의 Blower는 Axial Fan, 7.5kw를 Impeller는 Blade 수가 8개, 420rpm으로 회전한다.

3) Cooling Tower의 발생소음도는 표2-3을 참조 한다.

[해]

<수계산>

1) Cooling Tower의 발생소음(PWL) 추정- 표2-3으로부터 추정 한다. (추정결과 표2-4의 ①참조)

Cooling Tower Blower의 가동시 회전에 의해 $8 \times 420 / 60 = 56\text{HZ}$ 의 소음이 발생되고 있으므로 이 Octave Band에는 5dB을 가산한 것을 발생소음으로 한다.

<표2-3> Cooling Tower 발생소음

PWL[dB]

냉각탑송풍기	옥 터 어 브 밴 드 의 중 심 주 파 수 [c / s]								
형 식	미력 [P]	53	106	212	425	850	1700	3400	6900
		63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
유입통 풍축류 송풍기	10	97~102	96~101	94~99	91~96	87~92	83~89	80~87	73~83
	20	100~105	99~104	97~102	94~99	90~95	86~92	83~90	76~86
	50	104~109	103~108	101~106	98~103	94~99	90~96	87~94	80~90
	100	107~112	106~111	104~109	101~106	97~102	93~99	90~97	83~93
압입통 풍원심 송풍기	20	90~95	89~94	87~92	85~90	83~88	83~88	79~84	76~81
	50	94~99	93~98	91~96	89~94	87~92	87~92	83~88	80~85
	100	97~102	96~101	94~99	92~97	90~95	90~95	86~91	83~88

방음벽의 설계시에는 소음의 주파수분석을 사전에 검토, 문제가 될 Octave Band에 대하여 상기와 같은 계산을 통해 WH가 적정 높이가 되게 하고 또 방음벽의 상단부분에 적절한 변화를 줌으로 벽의 정상부분에서 두꺼운 벽의 효과 및 음의 회절각도 개선을 통해 음의 감쇠효과 증가를 얻을 수 있도록 함이 좋다.

음의 합성감쇠치계산은 식(5)를 이용, ΔL 값을 계산하고 이를 RBWD에 합한다. (계산결과 표 2-4의 ⑭⑮ 참조)

8) 계산결과

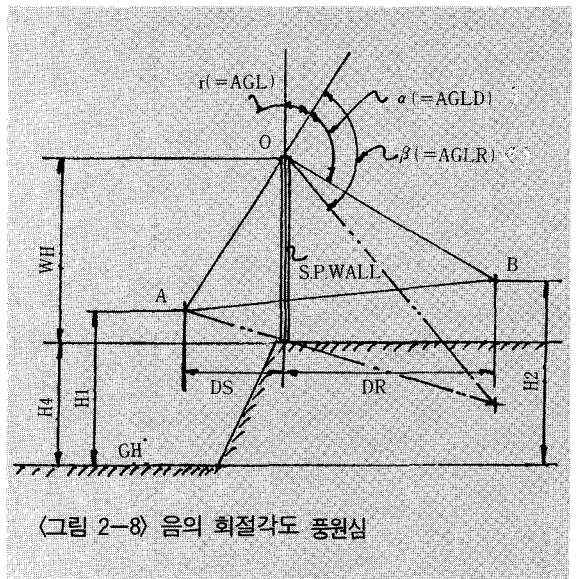
Cooling Tower 발생소음에서 소음의 거리감쇠치, 방음벽의 설치시 직접음의 회절감쇠치(RBWD) 및 지면반사에 의한 음의 감쇠치(RBGR)를 뺀 결과는 표 2-4에서 ⑯의 값과 같다. ⑯의 값은 ③의 수음점 소음허용치 PNC-40의 Octave Band Level과 비교할때 63Hz 주파수에서 약간 초과하고 기타 부분에서는 허용치 이내가 되고 있다. 본 예제에서는 63Hz 주파수를 기준으로 해서만 계산해 보았다. 그러나 실제 방음벽의 설계계산에서는 다음 사항을 추가하여 종합 검토함이 요구된다.

i) 본 예제의 경우 1000 Hz 이상에서 음의 감쇠치가 방음벽이나 칸막이에서의 실용상 최대치인 25dB를 초과하는 현상을 보이고 있다. 이러한 경우에는 음의 감쇠치를 20~25dB 정도로 조정, 적용함이 필요하다.

ii) 방음벽의 높이 계산을 주파수대역 63Hz를 기준으로 했으므로 WH의 값이 크게 되었고 63Hz 이외의 주파수대역에서의 소음도를 볼때 WH가 과대한 높이로 된 감이 있다. 또 방음벽의 정점에서 음의 회절각도가 직접음의 약 100°, 지

면반사음의 경우 이보다 훨씬 크게 되어 음의 지향성이 작게 됨으로 RBGR는 음의 감쇠 효과에 큰 영향을 주지 못하고 있다.

iii) 방음벽의 설계시에는 소음의 주파수분석을 사전에 검토, 문제가 될 Octave Band에 대하여 상기와 같은 계산을 통해 WH가 적정 높이가 되게 하고 또 방음벽의 상단부분에 적절한 변화를 줌으로 벽의 정상부분에서 두꺼운 벽의 효과 및 음의 회절각도 개선을 통해 음의 감쇠효과 증가를 얻을 수 있도록 함이 좋다.



(그림 2-8) 음의 회절각도 풍원식

(PC에 의한 계산)

1) 위의 문제를 별첨2의 Program을 이용하여 계산시 Input Data의 요약은 다음과 같다.

- H1 : 10.5
- H2 : 10
- H4 : 8.5
- DS : 2
- DR : 10
- EL\$: SS
- NI : 8
- ANS1 : PNC
- OSV\$: 40
- DB\$: dB
- ANS2 : YES

〈표 2-4〉 계산결과 종합

번호	항목	OCTAVE BAND 중심 주파수, HZ							
		63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
①	Cooling Tower 발생소음, PWL,dB	104.5	98.5	96.5	93.5	89.5	86	83.5	78
②	수음점(B)의 SPL, dB	74.9	68.9	66.9	63.9	59.9	56.4	53.9	48.4
③	PNC-30, dB	59	54	50	45	40	36	33	33
④	②-③ 소요감음, dB	15.9	14.9	16.9	18.9	19.9	20.4	20.9	15.4
⑤	N	2	1.6	2.5	3.9	4.9	5.5	6.2	1.7
⑥	δ min, m	5.39	2.18	1.7	1.33	0.83	0.47	0.26	0.04
⑦	WH, m	7.4							
⑧	δ 1, m	5.36							
⑨	WH 기준 N1	1.9	3.9	7.8	15.7	31.5	63	126.1	252.2
⑩	RBWD, dB	15.9	18.9	21.9	24.9	27.9	30.9	33.9	36.9
⑪	δ 2, m	9.76							
⑫	N2	3.6	7.1	14.3	28.7	57.4	114.8	229.6	459.2
⑬	RBR, dB	18.5	21.5	24.5	27.5	30.5	33.5	36.5	39.5
⑭	Δ L ⑩+⑬	-1.8	-1.8	-1.8	-1.8	-1.8	-1.8	-1.8	-1.8
⑮	CSRD ⑩+⑭	14	17	20	23	25 (26)	25 (29)	25 (32)	25 (35)
⑯	②-⑮	60.9	51.9	46.9	40.9	34.9 (33.9)	31.4 (27.4)	28.9 (21.9)	23.4 (13.4)

F(N) : 63 125 250 500 1000 2000 4000 8000
 LSPL(N) : 104.5 98.5 96.5 93.5 89.5 86
 83.5 78

ANS\$: YES

ANSR\$: NO

WH : 7.4(예비계산결과 참조, 조정치)

ANS\$: YES

ANC\$: NO

2) 계산결과는 별첨1과 같으며 표 2-4수계산 결과와 비교할때 동일함을 알 수 있다.

〈별첨은 내용이 많아 수록하지 못하니 필요하신 분은 본연합회로 문의바람〉

여러분의 작은정성이 큰 기쁨을 만듭니다!

주소가 변경되었거나, 혹시 중복으로 배달되는 일이 있으시면, 다소 번거로우시더라도 본회 사무실로 연락을 주시면 고맙겠습니다. 여러분의 작은 정성이 아까운 자원낭비를 줄이고 좀 더 많은 환경인들이 회보를 받아보실 수 있는 기쁨을 만들수 있습니다.

5. 결론

방음벽의 설계계산과 같은 경우 여러 조건을 복합적으로 고려하고 또 적절한 결과치를 얻기 위해서는 수 차의 반복적인 계산을 요하므로 복잡하다. 이러한 설계계산에 Computer를 이용하면 매우 편리하다. 그리고 이용을 확대하면 Graphic설계에 까지도 이용이 가능하다.

본고에서는 방음벽의 설계중 벽의 높이를 계산하는데 있어 PC의 이용에 대하여 제한된 조건하에 간단한 실례 하나를 수계산과 함께 들어 소개 하였으므로 앞으로 방음벽설계의 전산이용화에 참조가 될 수 있을 것으로 믿어진다.

또 본고에서 소개한 Program을 이용하는 분들이 필요한 경우 Program을 추가, 보완하거나 Data를 수정적용 하므로써 이용의 범위 확대 및 정확성을 향상시킬 수 있을 것이다.

끝으로 본고가 소음방지 부문에 종사하고 또 관심있는 분들에게 업무의 전산화에 다소나마 참조가 될 수 있었으면 한다. ◀

6. 참고문헌

- (1) 騒音, 振動對策 HANDBOOK, 集文社.
- (2) 騒音防止工學, 技研社.
- (3) 環境技術 VOL, 16 NO. 12, (1987) 日本
- (4) 環境技術 VOL. 17 NO. 8, (1988) 日本
- (5) 國內使用機械類의 音響 POWER 및 振動 레벨 測定調查研究, 環境廳
- (6) 騒音, 振動 理論과 實務, 祿苑出版社
- (7) 空氣調和設備의 防音과 防振, 大光書林
- (8) 建築環境計劃, 文運堂
- (9) 騒音, 振動使賢 新技術開發 センター

상담 및 문의전화 705-2325