

바닥 충격음 성능 예측 계산 소프트웨어 「확산도법」의 사용법

- 간략한 설명 -

집합 주택에서 상층에서 울리는 발소리 등의 바닥 충격음 문제는 맨션 생활의 QOL(생활의 질)을 결정하는 가장 큰 요소라고 해도 좋을지도 모릅니다. 성능이 나쁜 맨션에 입주하면, 일상적으로 상층으로부터의 소리에 괴롭힐 뿐만 아니라, 하층으로부터의 빈번한 불만에 괴롭힐 수도 있습니다. 트러블에 휘말렸을 때의 정신적인 부담은 헤아릴지도 모릅니다만, 그것 뿐만이 아니라, 때로는 처참한 살상 사건에 휘말리기도 합니다.

이러한 상황을 생각하면, 맨션의 건축 설계에 있어서 바닥 충격음 성능을 확실히 파악할 수 있는 것이 필수적입니다. 이를 위해 하나로서 건물의 바닥 충격음 성능을 예측 계산하는 방법이 있습니다. 그 대표적인 방법이며, 가장 정밀도가 좋은 것이 「확산도법」입니다. 여기에서는, 이 바닥 충격음 성능 예측 계산 소프트 「확산도법」의 사용법에 대해서 구체적인 순서를 해설합니다. 이것을 읽어 주시면, 누구라도 간단하게 맨션의 바닥 충격음 성능을 파악할 수 있게 됩니다. 다만, 이 방법은 어디까지나 성능 추정법이기 때문에, 성능치를 보증하는 것은 아닙니다.

성능 예측에는 「확산도법(순라면 구조 대응판)」의 엑셀 시트를 이용합니다만, 이것은 소음 문제 종합 연구소의 홈페이지

<https://nh-noiselabo.com/>

에서 누구나 무료로 다운로드할 수 있습니다. 다운로드하면 매크로를 사용할 수 있도록 사용하십시오.

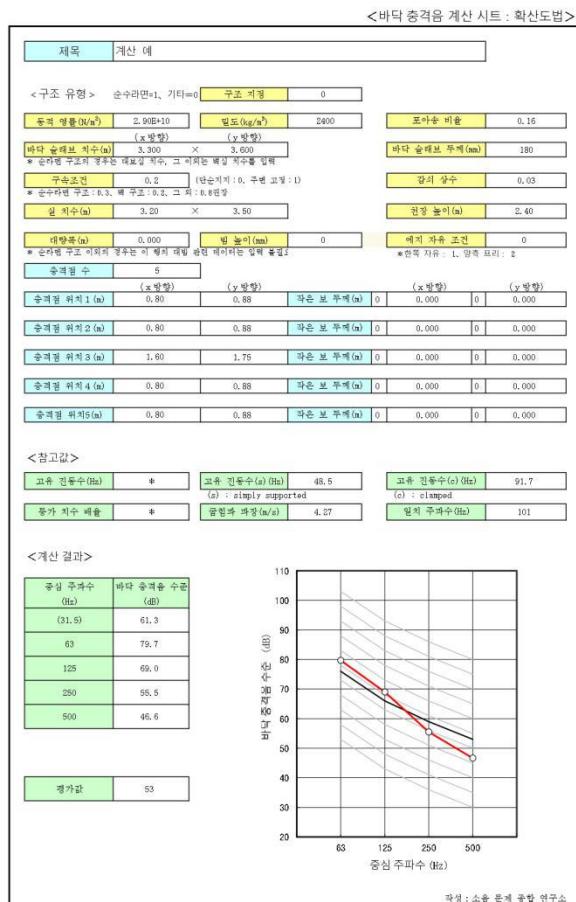
또, 「확산도법(순라면 구조 대응판)」의 해석 이론등을 포함한 상세한 해설서는, Amazon에서 아래의 서를 판매하고 있으므로, 흥미가 있는 분은 이용해 주십시오.

「확산도법에 의한 마루 충격음 예측 계산법(최신판)」 페이퍼 백판

(Amazon에서 판매, B5, 188페이지, 1980엔(부가세 포함), 일본어판)

1. 바닥 충격음 성능 예측 계산 소프트웨어 「확산도법」의 계산 시트

아래 그림은 바닥 충격음 성능의 예측 계산에 사용되는 엑셀 시트(1장만)입니다. 이 상반부의 입력 데이터란에 몇 개의 수치를 입력하면 바로 바닥 충격음 성능이 표시됩니다. 매우 간단합니다만, 이 확산도법은 일본 건축학회상(2008년도)을 수상한 방법이기 때문에, 예측 정밀도는 충분히 확보되고 있고, 순라면 구조나 튜브 구조 등 다양한 구조에도 폭넓게 적용할 수 있는 뛰어난 방법입니다. 그럼 이 계산 시트의 사용법을 설명해 봅시다.



2. 입력 데이터의 입력 방법과 유의점

계산 시트 상단의 항목부터 순서대로 데이터 입력 방법 및 유의점 등에 대해 설명합니다.

1) 구조 지정

- 계산 대상의 건물이, 통상의 RC 구조인가, 아니면 순라면 구조인가를 지정합니다. 일반 RC 구조의 경우 0, 순수한라면 구조의 경우 1을 입력합니다. 이 지정에 의해, 아래의 입력 개소가 약간 바뀝니다. 또한 벽식 구조는 일반 RC 구조이므로 0을 입력합니다.

제목	계산 예
<구조 유형> 순수라면=1, 기타=0	
구조 지정	0
동적 영률(N/m^2)	2.90E+10
(x 방향)	(y 방향)
밀도(kg/m^3)	2400
포아송 비율	0.16
바닥 슬래브 치수(m)	3.300
×	3.600
* 순수라면 구조의 경우는 대보심 치수, 그 이외는 벽심 치수를 입력	
바닥 슬래브 두께(mm)	180
구속조건	0.2
(단순지지 : 0, 주변 고정 : 1)	
* 순수라면 구조 : 0.3, 벽 구조 : 0.2, 그 외 : 0.8권장	
감쇠 상수	0.03
실 치수(m)	3.20
×	3.50
천장 높이(m)	2.40

2) 물리 상수 입력

제목	계산 예
<구조 유형> 순수라면=1, 기타=0	
구조 지정	0
동적 영률(N/m^2)	2.90E+10
(x 방향)	(y 방향)
밀도(kg/m^3)	2400
포아송 비율	0.16
바닥 슬래브 치수(m)	3.300
×	3.600
* 순수라면 구조의 경우는 대보심 치수, 그 이외는 벽심 치수를 입력	
바닥 슬래브 두께(mm)	180
구속조건	0.2
(단순지지 : 0, 주변 고정 : 1)	
* 순수라면 구조 : 0.3, 벽 구조 : 0.2, 그 외 : 0.8권장	
감쇠 상수	0.03
실 치수(m)	3.20
×	3.50
천장 높이(m)	2.40

- RC로 만든 바닥 슬래브에 관한 물리 정수로서 영률, 밀도, 포아송비를, 표시되고 있는 단위에 맞추어 입력합니다. 영률은 부동 소수점법으로 입력하는 것이 편리합니다만, 통상의 수치 입력으로도 문제는 없습니다.
- 영률의 값은 여기에 표시된 바와 같이 동적 영률을 사용합니다. 동적 영률은 아래와 같이 정적 영률의 1.3 배 정도의 값이 됩니다. 보통 콘크리트의 경우의 동적 영률은 $2.9 \times 1010 (N/m^2)$ 정도의 값이 됩니다.

동적 영률=1.3×정적 영률

- 단위 체적 중량은 보통 콘크리트의 경우에는 $2300 \sim 2400 (\text{kg}/\text{m}^3)$, 포아송비는 0.16(1/6)이 표준값입니다. 여기서 주의가 필요합니다만, 상기는 어디까지나 바닥 슬래브가 균일한 슬래브의 경우이며, 보이드 슬래브(중공 슬래브)의 경우에는, 이것을 균일 슬래브로 환산했을 때의 단위 체적 중량의 값을 입력할 필요가 있습니다. 구체적인 수치는 후술합니다. 포아송 비율의 값은 동일합니다.

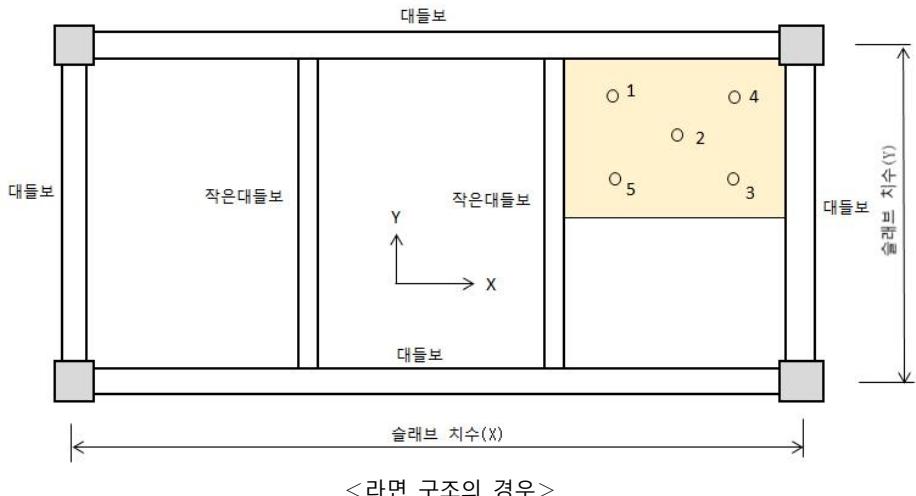
3) 바닥 슬래브에 대한 조건 입력

제목	계산 예
<구조 유형> 순수라면=1, 기타=0	
구조 지정	0
동적 영률(N/m^2)	2.90E+10
밀도(kg/m^3)	2400
포아송 비율	0.16
바닥 슬래브 치수(m) (x 방향)	3.300 × 3.600 * 순수라면 구조의 경우는 대보실 치수, 그 이외는 벽심 치수를 입력
바닥 슬래브 두께(mm)	180
구속조건	0.2 (단순지지: 0, 주변 고정: 1) * 순수라면 구조: 0.3, 벽 구조: 0.2, 그 외: 0.8권장
감쇠 상수	0.03
실 치수(m)	3.20 × 3.50
천장 높이(m)	2.40

- 슬래브 치수는 아래 그림과 같이 벽 구조의 경우 RC 벽으로 둘러싸인 부분의 치수를 입력합니다. RC 라멘 구조의 경우에는 소빔 등으로 구분된 부분이 아니라 기둥이나 대빔으로 둘러싸인 슬래브 전체의 치수를 입력합니다. x 방향, y 방향은 전체를 통일해 주세요.



<벽식 구조의 경우>

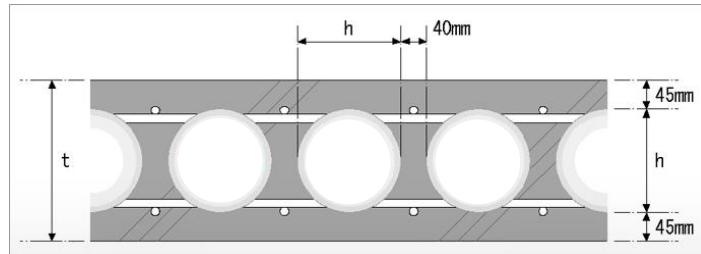


- 판 두께와 관련하여 바닥 슬래브가 일반 균질 슬래브인 경우 그대로의 값을 입력하십시오. 단, 보이드 슬래브의 경우에는 밀도 및 판 두께에 관해서는 균질 슬래브로 환산한 값을 입력해야 합니다. 환산에 관해서는, 확산도법의 엑셀 시트 내에 아래와 같은 환산용 시트가 준비되어 있으므로, 그것을 이용해 주십시오.

<바닥 충격을 계산 시트: 확산도법>

<보이드 슬래브 변환 시트>																							
<p>1) 원형 1방향 충공 슬래브의 경우</p> <p>입력 조건</p> <table border="1" style="margin-left: 10px; border-collapse: collapse;"> <tr><td>b (mm)</td><td>250</td></tr> <tr><td>h (mm)</td><td>250</td></tr> </table> <table border="1" style="margin-left: 10px; border-collapse: collapse;"> <tr><td>d (mm)</td><td>125</td></tr> <tr><td>r (mm)</td><td>63</td></tr> </table> <p>변환 계</p> <table border="1" style="margin-left: 10px; border-collapse: collapse;"> <tr><td>판 두께 (mm)</td><td>250</td></tr> <tr><td>밀도 (kg/m^3)</td><td>2300</td></tr> </table> <table border="1" style="margin-left: 10px; border-collapse: collapse;"> <tr><td>변환 후 두께 (mm)</td><td>247</td></tr> <tr><td>밀도 (kg/m^3)</td><td>1872</td></tr> </table>		b (mm)	250	h (mm)	250	d (mm)	125	r (mm)	63	판 두께 (mm)	250	밀도 (kg/m^3)	2300	변환 후 두께 (mm)	247	밀도 (kg/m^3)	1872						
b (mm)	250																						
h (mm)	250																						
d (mm)	125																						
r (mm)	63																						
판 두께 (mm)	250																						
밀도 (kg/m^3)	2300																						
변환 후 두께 (mm)	247																						
밀도 (kg/m^3)	1872																						
<p>2) 2방향 충공 슬래브의 경우</p> <p>(x 방향)</p> <p>입력 조건</p> <table border="1" style="margin-left: 10px; border-collapse: collapse;"> <tr><td>tx (mm)</td><td>1350</td></tr> <tr><td>bx (mm)</td><td>1200</td></tr> </table> <table border="1" style="margin-left: 10px; border-collapse: collapse;"> <tr><td>ty (mm)</td><td>580</td></tr> <tr><td>by (mm)</td><td>430</td></tr> </table> <table border="1" style="margin-left: 10px; border-collapse: collapse;"> <tr><td>h (mm)</td><td>250</td></tr> <tr><td>d1 (mm)</td><td>60</td></tr> <tr><td>d2 (mm)</td><td>120</td></tr> </table> <p>변환 계</p> <table border="1" style="margin-left: 10px; border-collapse: collapse;"> <tr><td>판 두께 (mm)</td><td>250</td></tr> <tr><td>밀도 (kg/m^3)</td><td>2400</td></tr> </table> <table border="1" style="margin-left: 10px; border-collapse: collapse;"> <tr><td>변환 후 두께 (mm)</td><td>244</td></tr> <tr><td>밀도 (kg/m^3)</td><td>1684</td></tr> </table>		tx (mm)	1350	bx (mm)	1200	ty (mm)	580	by (mm)	430	h (mm)	250	d1 (mm)	60	d2 (mm)	120	판 두께 (mm)	250	밀도 (kg/m^3)	2400	변환 후 두께 (mm)	244	밀도 (kg/m^3)	1684
tx (mm)	1350																						
bx (mm)	1200																						
ty (mm)	580																						
by (mm)	430																						
h (mm)	250																						
d1 (mm)	60																						
d2 (mm)	120																						
판 두께 (mm)	250																						
밀도 (kg/m^3)	2400																						
변환 후 두께 (mm)	244																						
밀도 (kg/m^3)	1684																						
작성: 소음 문제 종합 연구소																							

상기 시트 이외의 보이드 슬래브에 관해서는 보이드 슬래브의 메이커 카탈로그 등에 기재되어 있는 값을 참조하여 이용해 주십시오. 예를 들어, 아래 그림에 표시된 구형 보이드 슬래브의 경우에는 아래 표와 같습니다. 다른 종류의 보이드 슬래브도 비슷한 수치이므로 약간의 오차는 발생하지만, 이 수치를 사용해도 상관없습니다.



((주)쇼와 테크노폼 홈페이지에서 인용)

보이드 슬래브의 두께 (mm)	225	250	275	300	325	350
환산 후 두께 (mm)	222	246	269	292	315	338
변환 후 밀도 (kg/m³)	1896	1840	1792	1751	1715	1684

이 표를 보면 알 수 있듯이, 환산 후의 판 두께는 그 변화가 미미하지만, 환산 후의 밀도는 균질 슬래브의 경우의 $2400\text{ (kg/m}^3\text{)}$ 과는 크게 다르므로 주의가 필요합니다.

- 감쇠 정수의 값은 RC 구조의 슬래브의 경우는 0.03(3%) 정도의 값이 됩니다. 이 값은 주파수에 관계없이 거의 일정하므로 여기에서는 단일 수치의 입력이 되고 있습니다. 이 값은 보이드 슬래브 또는 순수한라면 구조의 경우 동일합니다.
- 구속조건은 단순지지의 경우를 0, 주변고정의 경우를 1로 하여 0~1의 값을 입력합니다. 벽식 구조의 경우에는 0.2 정도를 기준으로 합니다. RC의 라면 구조의 경우에는 0.8 정도로 합니다. 또, 순라면 구조의 경우는 구속이 약하기 때문에 0.3으로 합니다.

4) 방 치수 입력

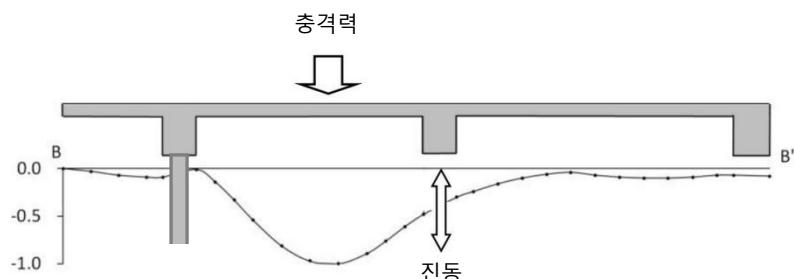
- 룸 치수 및 천장 높이는 아래 층의 계산 대상 룸의 치수를 입력합니다. 치수는 내부 치수로 합니다.

제목	계산 예				
<구조 유형> 순수라면=1, 기타=0					
구조 지정	0				
동적 영률(N/m^3)	2.90E+10	밀도(kg/m^3)	2400	포아송 비율	0.16
(x 방향)		(y 방향)		바닥 슬래브 두께(mm)	180
바닥 슬래브 치수(m)	3.300	×	3.600	감쇠 상수	0.03
* 순수라멘 구조의 경우는 대보실 치수, 그 이외는 벽실 치수를 입력					
구속조건	0.2	(단순지지 : 0, 주변 고정 : 1)		천장 높이(m)	2.40
* 순수라면 구조 : 0.3, 벽 구조 : 0.2, 그 외 : 0.8권장					
실 치수(m)	3.20	×	3.50	천장 높이(m)	2.40

5) 대들보의 조건의 입력(순라면 구조의 경우만)

실 치수(m)	3.20	×	3.50	천장 높이(m)	2.40	
대량폭(m)	0.000	빔 높이(mm)	0	에지 자유 조건	0	
* 순수라멘 구조 이외의 경우는 이 행의 대량 관련 데이터는 입력 불필요						
충격점 수	5	(x 方向)	(y 方向)	(x 方向)	(y 方向)	
충격점 위치 1 (m)	0.80	0.88	작은 보 두께(m)	0	0.000	0

- 맨 위의 구조 지정의 란에서, 순라면 구조의 1을 입력했을 경우는, 이 란에서 대들보의 조건을 입력합니다. 아래 그림과 같이 순라면 구조의 경우에는 대들보 아래에 RC 벽이 없기 때문에 바닥 충격시 대들보도 진동합니다. 그 진동하는 대들보의 조건을 입력합니다. 아래 그림에서 왼쪽의 대들보에는 RC 벽이 있으므로 진동하는 것은 오른쪽의 대들보이며, 이 대들보의 폭과 높이를 입력합니다. 이와 같이, 편측만의 대들보가 진동하는 경우에는 「편측 프리」로서 오른쪽의 컬럼에 1을 넣습니다. 양쪽 대들보가 진동하는 경우에는 「양측 프리」로서 2를 넣습니다. 입력 대상이 되는 것은 긴 변의 대들보뿐이며, 단변의 대들보는 관계 없습니다.



- 대들보의 폭의 단위는 (m)로, 높이는 (mm)로 입력하는 형태이므로 주의가 필요합니다.
- 맨 위의 구조 지정의 입력란에서 통상의 RC 구조의 0을 입력한 경우에는 이 대들보의 조건, 단부 프리의 조건의 입력은 불필요합니다.

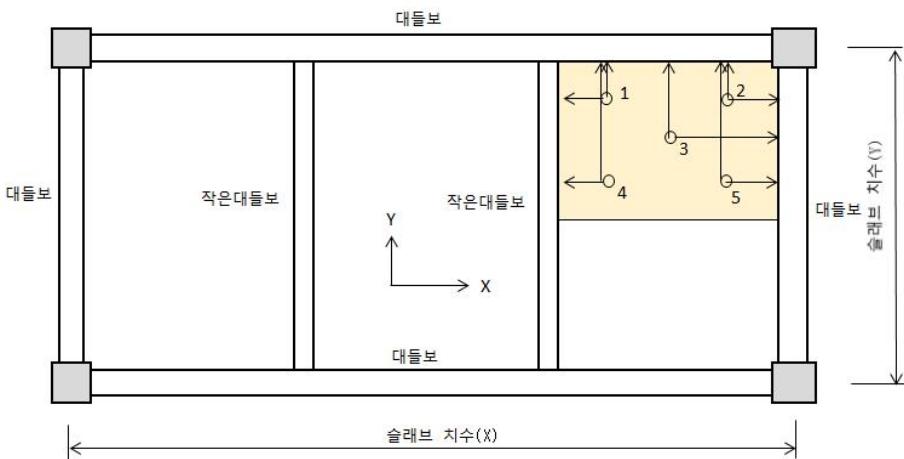
6) 충격점 입력

충격점 수	5	(x 방향)	(y 방향)	(x 방향)			(y 방향)		
충격점 위치 1 (m)	0.80	0.88	작은 보 두께 (m)	0	0.000	0	0.000		
충격점 위치 2 (m)	0.80	0.88	작은 보 두께 (m)	0	0.000	0	0.000		
충격점 위치 3 (m)	1.60	1.75	작은 보 두께 (m)	0	0.000	0	0.000		
충격점 위치 4 (m)	0.80	0.88	작은 보 두께 (m)	0	0.000	0	0.000		
충격점 위치 5 (m)	0.80	0.88	작은 보 두께 (m)	0	0.000	0	0.000		

- 먼저 충격점 수를 입력합니다. 충격점수는 1~5 까지이며, 충격점에 맞추어 중량 충격음 레벨의 평균값이 계산됩니다.
- 이것은 중요한 점입니다만, 입력하지 않는 충격점 위치의 컬럼에는, 0.0000001 등 충분히 0에 가까운 수치를 입력할 필요가 있습니다. 이때 0을 그대로 입력하면 계산에러가 되어 버리므로 주의해 주십시오.
- 각 충격점의 충격 위치 입력 방법은 아래 그림과 같습니다. 충격 위치 입력은 충격점에서 슬래브 끝까지의 거리를 입력합니다. 이 때 거리가 가까운 방향을 선택하여 입력합니다. 이 경우의 거리는 벽의 중심까지가 아니라 대들보나 벽의 가장자리까지의 실제 거리입니다.



<벽식 구조의 경우>



<라면 구조의 경우>

7) 작은대들보의 조건 입력

충격점 수	5	(x 방향)	(y 방향)	(x 방향)	(y 방향)
충격점 위치 1 (m)	0.80	0.88	작은 보 두께 (m)	0	0.000
충격점 위치 2 (m)	0.80	0.88	작은 보 두께 (m)	0	0.000
충격점 위치 3 (m)	1.60	1.75	작은 보 두께 (m)	0	0.000
충격점 위치 4 (m)	0.80	0.88	작은 보 두께 (m)	0	0.000
충격점 위치 5 (m)	0.80	0.88	작은 보 두께 (m)	0	0.000

- 충격점 위치에서의 입력이 작은대들보까지의 거리인 경우에는 작은대들보의 조건을 입력해야 합니다. x 방향 거리의 경우 x 방향의 첫 번째 열에 1을 넣고 작은대들보가 아닌 경우 0으로 설정합니다.
- 첫 번째 열을 1로 설정하면 다음 열에 작은대들보 높이를 입력합니다. y 방향도 작은대들보인 경우에는 마찬가지로 입력합니다. x 방향, y 방향은 바닥 슬래브의 치수 입력 시의 방향과 대응시켜 둘 필요가 있습니다.
- 순라면 구조의 경우 대들보의 조건을 입력한 경우에는 이것을 작은대들보로 간주하여 조건 입력을 합니다. 입력 방법은 위의 작은대들보의 경우와 같습니다. 단, 입력하는 것은 대들보의 높이뿐입니다.

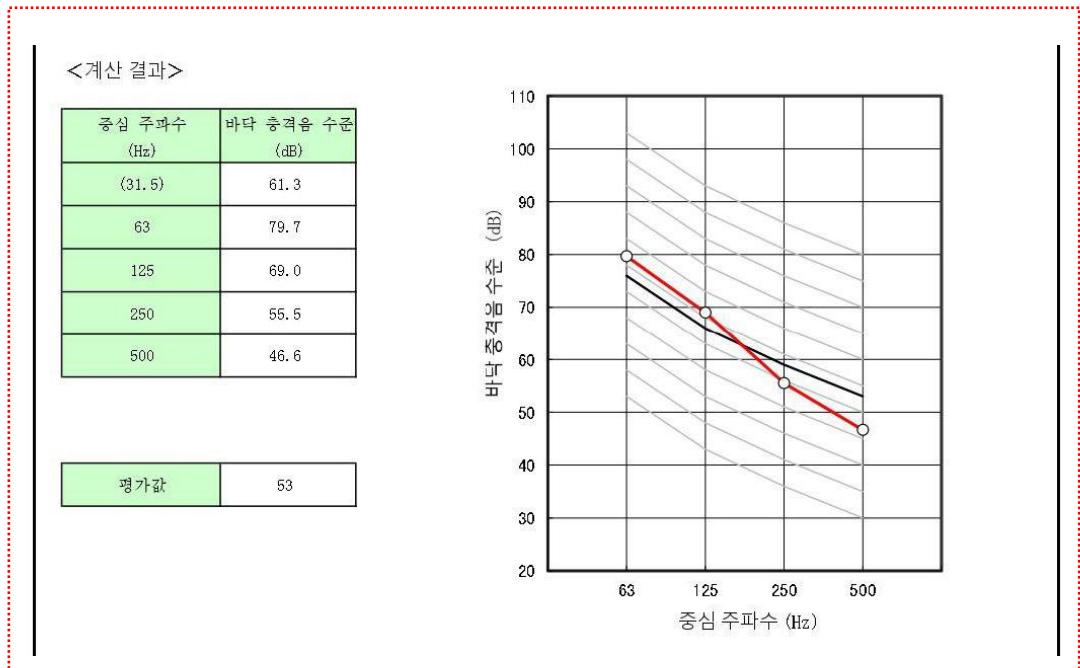
위의 입력이 끝나면 시트 화면의 가운데 오른쪽에 있는 **계산 실행** 을 클릭하면 충격음 레벨이 자동으로 계산되고 결과가 화면에 표시됩니다.

3. <참고치>에 대해서

<참고값>	
고유 진동수(Hz)	*
(s) : simply supported	48.5
고유 진동수(c)(Hz)	91.7
(c) : clamped	
등가 치수 배율	*
굽힘파 파장(m/s)	4.27
일치 주파수(Hz)	101

- 계산을 실행하면, 계산 시트에서는, 데이터 입력으로부터 얻어지는 관련 지표로서, 참고까지 <참고치>를 출력하고 있습니다. 이들은 계산 결과와 직접 관련이 없습니다.
- 참고값의 출력은, 통상의 라멘 구조와 순라면 구조에서는 다르고, 상기는 통상의 라면 구조의 경우의 출력입니다. 바닥 슬래브의 고유 진동수나 굽힘파의 파장 등이 출력됩니다.
- 순수한 라멘 구조의 경우 첫 번째 열의 고유 진동수와 등가 치수 배율의 값이 표시됩니다. 이러한 의미에 대한 자세한 내용은 ”확산도 법”의 상세 해설서 (1 페이지 째에 기재)를 참조하십시오.

4. <계산 결과>에 대해서



- 계산 결과는 각 주파수에서의 평균 충격음 레벨, 평가값이 출력됩니다. 충격음 레벨 계산 결과는 주파수 특성을 알 수 있도록 자동으로 도화되어 표시됩니다. 평가 값은 KSF2863-2:2017 을 준수합니다.

이상이, 충격음 예측 계산 소프트 「확산도법(순라면 구조 대응판)」의 사용 방법입니다. 매우 쉽게 사용할 수 있다는 것을 이해할 수 있었던 것 같습니다. 이번 내용을 확실히 마스터 해 주시고, 양호한 맨션 성능 확보를 위해서 이용해 주세요. 건축 기술자도 평소의 설계 업무에 있어서 적정한 성능을 확보할 수 있도록, 많이 이용해 주시면 좋겠습니다.

만약, 이번 내용에 관하여 불명한 점이 있으면, 메일로 아래와 같이까지 문의해 주세요. 맨션에서의 소음 트러블을 없애기 위해, 가능한 한 협력을 하고 싶다고 생각하고 있습니다.

소음 문제 종합 연구소 : noiselabo@snow.plala.or.jp