

TECHNICAL NOTE

COPY

This report is reproduced with permission by WSP Akustik and the author. It must not be reproduced in parts nor without appropriate references. Christian Simmons, 2009-06-29.

Calculation of acoustic data for concrete elements

Client: J&W Akustikbyrå

31 May 2001

DELTA
Danish Electronics,
Light & Acoustics

Kongsvang Allé 33
DK-8000 Aarhus C
Denmark

Tel. (+45) 86 11 49 22
Fax (+45) 86 11 43 77
email: aros@delta.dk
www.delta.dk

Title

Calculation of acoustic data for concrete elements

J.no.

K 870149

Our ref.

DBP-DH/lan

Measuring date

-

Client

J&W Akustikbyrå
Rullagergatan 6
SE-415 26 Göteborg

Client ref.

Christian Simmons

Results

See enclosures 1-3.

Aarhus, 31. May 2001
DELTA

DBP

Dan Brøsted Pedersen.
M.Sc.
Acoustics & Vibration

Input data for EN 12354 part 1 and 2 [1-2] have been calculated for the frequency range 50 Hz to 5000 Hz for different types of concrete elements. The data are calculated for the laboratory situation assumed in the software BASTIAN[®] 1.1 [3] and adapted to the models for the total loss factor of elements and for the vibration reduction index of junctions applied in the software. With BASTIAN[®] 1.1 the sound insulation in buildings is estimated from the properties of building elements according to EN 12354.

The input data are calculated according to methods described in informative annexes of EN 12354 and modifications given in NT technical report 425 [4]. New modifications have also been applied for this technical note, because NT technical report 425 was not prepared for application with BASTIAN[®] 1.1, and because comparison with measured field data was only carried out for the frequency range 100 Hz to 3150 Hz. For the preparation of this technical note comparison was made with field data for hollow concrete slabs for the frequency range 50 Hz to 5000 Hz submitted by J&W Akustikbyrå and with data from the Nordtest project 1515-00 [5]. The applied calculation model at low frequencies was also validated by comparison with measurements summarized in [6] as well as an approximation for the sound reduction index below the critical frequency given in [7].

The material properties for concrete were taken from table B1 given in Annex B of EN 12354-1. For hollow slabs the mean density of the element was applied. The material properties are listed in enclosures 1-3 together with the calculated data. The calculation methods are described in the following chapters.

Calculation of input data for the sound reduction index R

The informative Annex B of EN 12354-1 is the basis for calculation of the sound reduction index. In NT technical report 425 the following modifications to this annex are applied:

- The radiation factor is limited by a maximum value of 1;
- The value of the sound reduction index around the critical frequency is taken as at least the same as the highest value calculated for lower frequencies than the critical frequency, i.e. the curve showing the sound reduction index as a function of the frequency is flat around the critical frequency;
- The calculated sound reduction index is corrected by $5 \lg(m'/200)$, where m' is the mass per unit area of the element [kg/m^2];
- The thick-plate correction according to eqn (B4) of Annex B1 for frequencies below a plateau frequency f_p is used for the whole frequency range, including frequencies above f_p ;

The critical frequency depends on the longitudinal wavelength and the thickness of the element. In case of a top layer on a slab, the thickness of the element only is used for determination of the critical frequency in NT technical report 425.

In this technical note a lower limit for the sound reduction index is introduced. The limit is equal to

- $10 \lg(m') - 15$ dB for walls;
- $10 \lg(m') - 16$ dB for slabs.

(m' is the mass per unit area of the element [kg/m^2]).

For very light and very heavy concrete elements the correction $5 \lg(m'/200)$ should not be applied for calculation of input data to BASTIAN® 1.1. The following corrections are recommended:

- 0 dB when m' is smaller than 200 kg/m^2 ;
- $10 \lg(690/200) = 2.7$ dB when m' is greater than 690 kg/m^2 .

The sound reduction index is calculated for the dimensions 4 m x 3 m for walls and 5 m x 4 m for slabs. The laboratory situation is simulated by a concrete frame of 400 mm thickness with rigid T-junctions.

Calculation of input data for the normalized impact sound pressure level L_n

Calculations of the normalized impact sound pressure level L_n for monolithic floors are based on eqn (B2) in the informative Annex B of EN12354-2:

$$L_n \approx 155 - 30 \lg m' + 10 \lg T_s + 10 \lg \sigma + 10 \lg (f/f_{\text{ref}}) \text{ dB}$$

where

m' is the mass per unit area;

σ is the radiation factor for free bending waves;

T_s is the structural reverberation time;

f is the centre band frequency;

f_{ref} is the reference frequency 1000 Hz.

In NT technical report 425 the above equation is corrected by $7.5 \lg (f / 250 \text{ Hz})$. In this technical note this correction is only used for hollow concrete slabs. For massive elements the applied correction is $2.5 \lg (f / 250 \text{ Hz})$.

Another modification introduced in this technical note is that for both hollow and massive concrete slabs the radiation factor is taken as equal to unity.

The values for the normalized impact sound pressure level at 4 kHz to 5 kHz are taken as equal to the value at 3150 Hz.

The laboratory situation is simulated as described in the previous chapter for the sound reduction index.

References

- [1] EN 12354-1:2000, Building acoustics – Estimation of acoustic performance of buildings from the performance of elements – Part 1: Airborne sound insulation between rooms.
- [2] EN 12354-2:2000, Building acoustics – Estimation of acoustic performance of buildings from the performance of elements – Part 2: Impact sound insulation between rooms.
- [3] BASTIAN® 1.1. G+H ISOVER, 2000.
- [4] D.B. Pedersen: NT technical report 425, Nordic basis of calculation of sound insulation in buildings. DELTA, 1998.
- [5] P. Sipari: Method for measuring the reduction of impact sound pressure level of a floor covering – Experiments for field application. Report of Nordtest project 1515-00. VTT BUILDING and TRANSPORT, 2001.
- [6] D.B. Pedersen: Design of Danish buildings with high sound insulation. Proceedings of Internoise 2000, Nice.
- [7] J. Kristensen and J.H. Rindel: Building Acoustics – Theory and practice. Guideline 166, Danish Building Research Institute, 1989 (in Danish).

Sound reduction index for walls

Thickness, mm	100	120	160	180	200	220	240	300
Density, kg/m ³	2300	2300	2300	2300	2300	2300	2300	2300
Longitudinal wave speed, m/s	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3500
Internal loss factor	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006
Mass per unit area, kg/m ²	230,0	276,0	368,0	414,0	460,0	506,0	552,0	690,0
Critical frequency, Hz	186,7	155,6	116,7	103,7	93,4	84,9	77,8	62,2

Sound reduction index R, dB

Frequency, Hz	50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000	
Sound reduction index R, dB	32,3	33,1	33,5	33,5	33,5	33,5	33,5	33,5	35,7	38,3	40,8	43,4	46,0	48,6	51,2	53,8	56,4	58,9	61,4	63,9	66,3	68,7
Sound reduction index R, dB	33,8	33,8	33,8	33,8	33,8	33,8	33,9	36,4	39,0	41,5	44,1	46,6	49,2	51,8	54,3	56,9	59,4	61,9	64,3	66,7	69,1	71,3
Sound reduction index R, dB	36,3	36,3	36,3	36,3	36,3	36,3	39,1	41,6	44,1	46,7	49,2	51,7	54,2	56,8	59,2	61,7	64,1	66,5	68,9	71,1	73,3	75,5
Sound reduction index R, dB	37,3	37,3	37,3	37,3	37,3	38,0	41,2	43,7	46,2	48,8	51,3	53,8	56,3	58,8	61,2	63,7	66,1	68,4	70,7	72,9	75,0	77,1
Sound reduction index R, dB	38,3	38,3	38,3	38,3	38,8	40,6	43,1	45,6	48,1	50,6	53,1	55,6	58,1	60,6	63,0	65,4	67,8	70,1	72,3	74,5	76,6	78,6
Sound reduction index R, dB	39,1	39,1	39,1	40,1	42,3	44,8	47,3	49,8	52,3	54,8	57,3	59,7	62,2	64,6	67,0	69,3	71,5	73,7	75,9	77,9	79,9	81,1
Sound reduction index R, dB	39,8	39,8	40,7	42,3	43,8	46,3	48,8	51,3	53,8	56,3	58,8	61,2	63,6	66,0	68,4	70,7	72,9	75,0	77,1	79,1	81,1	84,0
Sound reduction index R, dB	41,8	43,2	44,7	46,2	47,8	50,2	52,7	55,2	57,7	60,1	62,6	65,0	67,3	69,6	71,9	74,1	76,2	78,3	80,2	82,2	84,0	84,0

Normalized impact sound pressure level for slabs

	Massive		Massive		Massive		Massive		Massive		Hollow		Hollow		Hollow		Hollow	
	160	180	200	220	240	260	280	300	320	340	360	380	400	420	440	460	480	500
Thickness, mm	160	180	200	220	240	260	280	300	320	340	360	380	400	420	440	460	480	500
Density, kg/m ³	2300	2300	2300	2300	2300	2300	2300	2300	2300	2300	2300	2300	2300	2300	2300	2300	2300	2300
Longitudinal wave speed, m/s	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3500
Internal loss factor	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006
Mass per unit area, kg/m ²	368,0	414,0	460,0	506,0	552,0	598,0	644,0	690,0	736,0	782,0	828,0	874,0	920,0	966,0	1012,0	1058,0	1104,0	1150,0
Critical frequency, Hz	116,7	103,7	93,4	84,9	77,8	71,3	65,8	60,3	54,8	49,3	43,8	38,3	32,8	27,3	21,8	16,3	10,8	5,3

Normalized impact sound pressure level Ln, dB

Frequency, Hz	50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000	
Massive	59,3	61,1	61,7	62,3	63,0	63,7	64,4	65,1	65,7	66,4	67,0	67,7	68,3	68,9	69,4	70,0	70,5	71,1	71,6	72,1	72,1	72,1
Hollow	57,7	57,7	58,4	59,1	59,9	60,6	61,3	61,9	62,6	63,3	63,9	64,6	65,2	65,8	66,4	67,0	67,5	68,1	68,6	69,1	69,1	69,1
Massive	56,3	57,1	57,8	58,5	59,2	59,9	60,6	61,3	61,9	62,6	63,2	63,8	64,4	65,0	65,6	66,2	66,8	67,3	67,8	68,3	68,3	68,3
Hollow	62,2	63,2	64,3	65,5	66,8	68,0	69,1	70,3	71,5	72,6	73,7	74,8	75,9	77,0	78,0	79,1	80,1	81,1	82,1	82,1	82,1	82,1
Massive	52,9	53,6	54,4	55,0	55,8	56,5	57,1	57,8	58,5	59,2	59,8	60,4	61,1	61,7	62,3	62,9	63,4	64,0	64,5	64,5	64,5	64,5
Hollow	61,2	62,2	63,5	64,7	65,9	67,1	68,3	69,5	70,7	71,8	72,9	74,0	75,1	76,2	77,2	78,3	79,3	80,3	81,3	81,3	81,3	81,3
Massive	58,6	59,8	61,0	62,2	63,4	64,6	65,8	66,9	68,1	69,3	70,4	71,5	72,6	73,7	74,8	75,9	76,9	77,9	79,0	79,0	79,0	79,0
Hollow	58,3	59,4	60,5	61,7	62,9	64,1	65,3	66,5	67,6	68,8	69,9	71,0	72,1	73,2	74,2	75,3	76,3	77,3	78,3	78,3	78,3	78,3
Massive	57,6	58,6	59,9	61,1	62,3	63,5	64,7	65,8	66,9	68,1	69,3	70,4	71,5	72,6	73,6	74,7	75,7	76,7	77,7	77,7	77,7	77,7
Hollow	61,2	62,2	63,5	64,7	65,9	67,1	68,3	69,5	70,7	71,8	72,9	74,0	75,1	76,2	77,2	78,3	79,3	80,3	81,3	81,3	81,3	81,3
Massive	58,6	59,8	61,0	62,2	63,4	64,6	65,8	66,9	68,1	69,3	70,4	71,5	72,6	73,7	74,8	75,9	76,9	77,9	79,0	79,0	79,0	79,0
Hollow	58,3	59,4	60,5	61,7	62,9	64,1	65,3	66,5	67,6	68,8	69,9	71,0	72,1	73,2	74,2	75,3	76,3	77,3	78,3	78,3	78,3	78,3
Massive	57,6	58,6	59,9	61,1	62,3	63,5	64,7	65,8	66,9	68,1	69,3	70,4	71,5	72,6	73,6	74,7	75,7	76,7	77,7	77,7	77,7	77,7
Hollow	61,2	62,2	63,5	64,7	65,9	67,1	68,3	69,5	70,7	71,8	72,9	74,0	75,1	76,2	77,2	78,3	79,3	80,3	81,3	81,3	81,3	81,3
Massive	58,6	59,8	61,0	62,2	63,4	64,6	65,8	66,9	68,1	69,3	70,4	71,5	72,6	73,7	74,8	75,9	76,9	77,9	79,0	79,0	79,0	79,0
Hollow	58,3	59,4	60,5	61,7	62,9	64,1	65,3	66,5	67,6	68,8	69,9	71,0	72,1	73,2	74,2	75,3	76,3	77,3	78,3	78,3	78,3	78,3
Massive	57,6	58,6	59,9	61,1	62,3	63,5	64,7	65,8	66,9	68,1	69,3	70,4	71,5	72,6	73,6	74,7	75,7	76,7	77,7	77,7	77,7	77,7
Hollow	61,2	62,2	63,5	64,7	65,9	67,1	68,3	69,5	70,7	71,8	72,9	74,0	75,1	76,2	77,2	78,3	79,3	80,3	81,3	81,3	81,3	81,3
Massive	58,6	59,8	61,0	62,2	63,4	64,6	65,8	66,9	68,1	69,3	70,4	71,5	72,6	73,7	74,8	75,9	76,9	77,9	79,0	79,0	79,0	79,0
Hollow	58,3	59,4	60,5	61,7	62,9	64,1	65,3	66,5	67,6	68,8	69,9	71,0	72,1	73,2	74,2	75,3	76,3	77,3	78,3	78,3	78,3	78,3
Massive	57,6	58,6	59,9	61,1	62,3	63,5	64,7	65,8	66,9	68,1	69,3	70,4	71,5	72,6	73,6	74,7	75,7	76,7	77,7	77,7	77,7	77,7
Hollow	61,2	62,2	63,5	64,7	65,9	67,1	68,3	69,5	70,7	71,8	72,9	74,0	75,1	76,2	77,2	78,3	79,3	80,3	81,3	81,3	81,3	81,3
Massive	58,6	59,8	61,0	62,2	63,4	64,6	65,8	66,9	68,1	69,3	70,4	71,5	72,6	73,7	74,8	75,9	76,9	77,9	79,0	79,0	79,0	79,0
Hollow	58,3	59,4	60,5	61,7	62,9	64,1	65,3	66,5	67,6	68,8	69,9	71,0	72,1	73,2	74,2	75,3	76,3	77,3	78,3	78,3	78,3	78,3
Massive	57,6	58,6	59,9	61,1	62,3	63,5	64,7	65,8	66,9	68,1	69,3	70,4	71,5	72,6	73,6	74,7	75,7	76,7	77,7	77,7	77,7	77,7
Hollow	61,2	62,2	63,5	64,7	65,9	67,1	68,3	69,5	70,7	71,8	72,9	74,0	75,1	76,2	77,2	78,3	79,3	80,3	81,3	81,3	81,3	81,3
Massive	58,6	59,8	61,0	62,2	63,4	64,6	65,8	66,9	68,1	69,3	70,4	71,5	72,6	73,7	74,8	75,9	76,9	77,9	79,0	79,0	79,0	79,0
Hollow	58,3	59,4	60,5	61,7	62,9	64,1	65,3	66,5	67,6	68,8	69,9	71,0	72,1	73,2	74,2	75,3	76,3	77,3	78,3	78,3	78,3	78,3
Massive	57,6	58,6	59,9	61,1	62,3	63,5	64,7	65,8	66,9	68,1	69,3	70,4	71,5	72,6	73,6	74,7	75,7	76,7	77,7	77,7	77,7	77,7
Hollow	61,2	62,2	63,5	64,7	65,9	67,1	68,3	69,5	70,7	71,8	72,9	74,0	75,1	76,2	77,2	78,3	79,3	80,3	81,3	81,3	81,3	81,3
Massive	58,6	59,8	61,0	62,2	63,4	64,6	65,8	66,9	68,1	69,3	70,4	71,5	72,6	73,7	74,8	75,9	76,9	77,9	79,0	79,0	79,0	79,0
Hollow	58,3	59,4	60,5	61,7	62,9	64,1	65,3	66,5	67,6	68,8	69,9	71,0	72,1	73,2	74,2	75,3	76,3	77,3	78,3	78,3	78,3	78,3
Massive	57,6	58,6	59,9	61,1	62,3	63,5	64,7	65,8	66,9	68,1	69,3	70,4	71,5	72,6	73,6	74,7	75,7	76,7	77,7	77,7	77,7	77,7
Hollow	61,2	62,2	63,5	64,7	65,9	67,1	68,3	69,5	70,7	71,8	72,9	74,0	75,1	76,2	77,2	78,3	79,3	80,3	81,3	81,3	81,3	81,3
Massive	58,6	59,8	61,0	62,2	63,4	64,6	65,8	66,9	68,1	69,3	70,4	71,5	72,6	73,7	74,8	75,9	76,9	77,9	79,0	79,0	79,0	79,0
Hollow	58,3	59,4	60,5	61,7	62,9	64,1	65,3	66,5	67,6	68,8	69,9	71,0	72,1	73,2	74,2	75,3	76,3	77,3	78,3	78,3	78,3	78,3
Massive	57,6	58,6	59,9	61,1	62,3	63,5	64,7	65,8	66,9	68,1	69,3	70,4	71,5	72,6	73,6	74,7	75,7	76,7	77,7	77,7	77,7	77,7
Hollow	61,2	62,2	63,5	64,7	65,9	67,1	68,3	69,5	70,7	71,8	72,9	74,0	75,1	76,2	77,2	78,3	79,3	80,3	81,3	81,3	81,3	81,3
Massive	58,6	59,8	61,0	62,2	63,4	64,6	65,8	66,9	68,1	69,3	70,4	71,5	72,6	73,7	74,8	75,9	76,9	77,9	79,0	79,0	79,0	79,0
Hollow	58,3	59,4	60,5	61,7	62,9	64,1	65,3	66,5	67,6	68,8	69,9	71,0	72,1	73,2	74,2	75,3	76,3	77,3	78,3	78,3	78,3	78,3
Massive	57,6	58,6	59,9	61,1	62,3	63,5	64,7	65,8	66,9	68,1	69,3	70,4	71,5	72,6	73,6	74,7	75,7	76,7	77,7	77,7	77,7	77,7
Hollow	61,2	62,2	63,5	64,7	65,9	67,1	68,3	69,5	70,7	71,8	72,9	74,0	75,1	76,2	77,2	78,3	79,3	80,3	81,3	81,3	81,3	81,3
Massive	58,6	59,8	61,0	62,2	63,4	64,6	65,8	66,9	68,1	69,3	70,4	71,5	72,6	73,7	74,8	75,9	76,9	77,9	79,0	79,0	79,0	79,0
Hollow	58,3	59,4	60,5	61,7	62,9	64,1	65,3	66,5	67,6	68,8	69,9	71,0	72,1	73,2	74,2	75,3	76,3	77,3	78,3	78,3	78,3	78,3
Massive	57,6	58,6	59,9	61,1	62,3	63,5	64,7	65,8	66,9													