遮音検討用BIMアドインツールの開発

8

富澤 秀夫\*1·松本 賢二郎\*2·本田 瑛久\*3

# 概 要

集合住宅やホテルの設計では,居室の室内静謐性能を確保するために,室内騒音の許容値が 設定され,外部騒音に応じた外周壁,窓および換気口の遮音仕様の検討が行われる。従来,遮 音仕様の検討は,専門知識を有する技術者が行ってきたが,寸法や面積などの図面からの情報 の読み取りに時間を要しており,さらに技術者不足のため,業務の効率化が求められていた。 そこで,BIM のオブジェクトごとに様々な情報が付与できる特徴を活かして,課題解決に資 する遮音検討用 BIM アドインツールの開発を行った。

キーワード:室内静謐性能,窓,換気口,遮音仕様,DX推進,業務効率化

# DEVELOPMENT OF A BIM ADD-IN TOOL FOR SOUND INSULATION STUDIES

Hideo TOMIZAWA \*1, Kenjirou MATSUMOTO \*2, Akihisa HONDA \*3

#### Abstract

In the design of housing complexes and hotels, the permissible values for room noise are established in order to ensure the tranquility of the living rooms. The sound insulation specifications of the outer perimeter walls, windows and ventilation openings are studied responding to the external noises. In conventional cases, the study of sound insulation specifications has been carried out by engineers with specialized knowledge, but it takes a long time to read the information such as dimensions and areas from drawings, and due to the shortage of engineers, optimization of work has been actively pursued. Therefore, taking advantage of Building Information Modeling (BIM) being able to add various information to each object, we have developed a BIM add-in tool for sound insulation which contributes to solving problems

Keywords: room tranquility, windows, ventilation openings, sound insulation specifications, DX promotion, work efficiency

<sup>\*1</sup> Principal Researcher, Environmental Group, Research & Development Center

<sup>\*2</sup> Manager, BIM Promotion Group, Architectural Technology Department, Architectural Division

<sup>\*3</sup> BIM Promotion Group, Architectural Technology Department, Architectural Division

#### 1. はじめに

集合住宅やホテルの設計では, 居室内の静謐性 を確保するために、マニュアルや仕様書の中で、 屋外から建物外周壁を透過して室内へ放射され る騒音の許容値が一般に定められている。そのた め,設計者または施工者は,基本計画時に敷地周 辺の環境騒音を調査し、室内騒音の許容値を満足 し得る外周壁並びに外周壁に含まれる窓や換気 口(以後,外周壁開口部と記す。)の遮音仕様の検 討を行う。従来、これらの検討は、専門知識を有 する技術者が, 数式にしたがい室内騒音を予測し て実施してきたが, 寸法や面積など計算に必要な 情報を図面などから読み取るのに時間を要し、さ らには技術者の不足などから業務の効率化が求 められていた。

富澤 秀夫\*1·松本 賢二郎\*2·本田 瑛久\*3

そこで,建設 DX 推進の社会的な流れも踏まえ, BIM で構築するモデルがパーツごとに属性情報 を併せ持つ特徴を活かし、業務の効率化を目的と して、遮音検討用 BIM アドインツールの開発を 行った。本報告ではその概要を報告する。

#### システム概要 2.

# 2. 1 動作環境

本ツールは, 市販の BIM ソフトウェア (以後, BIM ソフトと記す。) 上で動作することを条件と して制作した。システムの動作に必要となる PC の環境を表-1に示す。

### 2.2 システム化の範囲

BIM ソフトのアドインツールとしてシステム 化した範囲を図-1に、計算のフローチャートを

BIMモデル



\*1 研究開発センター 環境グループ 主席研究員

\*2 建築本部 建築技術部 BIM 推進グループ グループリーダー

\*3 建築本部 建築技術部 BIM 推進グループ

図-2に示す。システム化の範囲は、①ユーザー による BIM モデル内への音源パーツ(騒音源)の 配置から、②予測対象室の指定および用途の指定、 ③予測対象室外周壁開口部の遮音仕様の設定、④ 室内騒音レベル許容値の設定、⑤予測計算の実行、 ⑥計算結果の判定までとし、これまで表計算ソフ トを用いて行っていた計算過程を、BIM ソフト上 で連携して行うものとした。

なお,遮音仕様の検討は,本来外周壁そのもの も対象として扱うものであるが,本ツールでは, 外周壁に比べて遮音性能が一般に劣る,外周壁開 口部の仕様について検討するシステムとした。

# 2.3 室内騒音レベル予測計算式

室内騒音レベルは、式(1)<sup>1)</sup>を用いてオクターブ 帯域ごとの室内音圧レベルを算出し、得られた室 内音圧レベルをA特性補正して求める。なお、計 算対象とする周波数範囲は、鉄道騒音など、周波 数特性上のピークが 63Hz 帯域に有するものへの 対応も考慮し、オクターブバンド中心周波数で 63Hz 帯域~4kHz 帯域とした。

 $SPL_i = SPL_o - \overline{TL} + 10 \log_{10} (S_w/A) + 3 \qquad (1)$  $\Box \subset U_{a},$ 

 $SPL_i: 予測対象室内の音圧レベル(dB)$ 

SPL<sub>o</sub>:検討対象外周壁面の外部音圧レベル(dB)

<u>TL</u>:検討対象外周壁の総合透過損失(dB)

- $S_w$ :検討対象外周壁の面積 (m<sup>2</sup>)
- A :予測対象室の等価吸音面積 (m<sup>2</sup>)

- a : 予測対象室の平均吸音率
- Sr: 予測対象室の表面積(m<sup>2</sup>)

# 3. ツールによる予測計算の手順

# 3.1 予測対象室の指定と部屋用途の選択

予測計算に関わる入力条件の設定は,図-3に 示す本ツールの計算条件設定ダイアログから各 条件を選択・指定(一部,データ入力が必要)す る。

予測対象室は、図-3に示すダイアログの「室の設定」より、BIM モデルの平面図画面から指定する(図-4)。

本ツールの利用が可能となる部屋用途は,「住 戸居室」,「ホテル客室」,「オフィス」の3用途を 対象としており,「住戸居室」の検討を行う場合は, 平均吸音率のプルダウンメニューより部屋の床 仕上げ材を併せて指定する。指定した予測対象室 のフロアや部屋名,天井高,総表面積,外周壁の 面積などの情報は BIM モデルより自動的に取得 され,総合透過損失や等価吸音面積の算定に用い る。

# 3.2 検討対象外周壁の指定

検討対象とする外周壁の指定は,RC 造建物の ようにRCの外壁と内装仕上げ壁があるような場 合を想定して,図-3に示すダイアログより,予 測対象室の1層目に外周壁(窓を含む外周壁)を,





(BIM モデル平面図画面)

 $A=a \cdot S_r$ 

2層目に1層目で指定した外周壁の最も室内側 の内装壁を指定する(図-5)。壁の指定後は、図 -6に示すダイアログより壁の材料を指定する。 なお、妻側の居室など、予測対象室の外周壁が外 部に2面面する場合は、同じ手順で壁②の指定を 行う。

# 3.3 検討対象外周壁の透過損失の算定

検討対象外周壁の透過損失は,3.2で1層目 に指定した外周壁と2層目に指定した内装壁の 間隔を空気層の厚さと捉え,図-6より指定した 壁の面密度とBIM モデルから取得される壁の厚 さなどの情報から,低音域共鳴透過周波数を考慮 した中空二重壁構造の透過損失算定式<sup>2)</sup>に則り算 出する。なお,外周壁の透過損失の計算は,中空 二重壁構造の透過損失算定式を用いたことから, 外周壁と最も室内側の内装壁からなる二重壁構 造のみを計算対象としており,検討対象外周壁の 指定は,居室の3面が外部に面して計画されるケ ースが少ないことから,最大2面までとした。

# 3.4 検討対象外周壁面の外部音圧レベル の算定

検討対象外周壁の外部音圧レベルは,ある音源 に対し,そのデータを取得した測定点までの距離 (r1)と,BIMモデル内に配置した音源パーツか ら3.2で指定した外周壁に含まれる窓中心まで の最短距離(r2)の比(r2/r1)による減衰値を, 測定点で計測された音圧レベルデータから減算 して求める(図-7)。本ツールでは,予測計算に 必要となるこれらの情報を取得するため,音源パ ーツを BIM モデル上に配置するコマンドと,図 -8のダイアログで,測定点の音圧レベルデータ と音源から測定点までの距離を入力する。

なお、外周壁面での外部音圧レベルの算定は、 本来であれば、その間に存在するバルコニーの手 すりや腰壁などによる影響を考慮する必要があ るが、本ツールでは予測計算上安全側となるよう に、これらによって生じる伝搬経路上の影響は加 味しないこととした。また、距離減衰を求める算 定式は、音源が点音源か線音源かで異なるため、 モデル上に配置する音源パーツには、図-9に示



図-5 検討対象外周壁1層目の指定画面例



図-6 壁の材料指定画面



図-7 距離の取得イメージ





す通り, プロパティ上で点音源または線音源の情 報を付与できるようにし、その情報を基に計算を 行うようにした。検討対象外壁面の外部音圧レベ ル算定結果は、図-3に示すダイアログの赤枠で 示す部分に反映され、数値を確認できる。

# 3.5 検討対象外周壁の総合透過損失の算 定

検討対象外周壁の総合透過損失は、ユーザーが 窓と換気口の各透過損失を設定することにより 算出される。

# (1) 窓の透過損失の設定

3.2で指定した検討対象外周壁に含まれる窓 の情報は、図-3示すダイアログの「透過損失デ ータ設定」の「窓」リストに BIM モデルから寸法 や面積情報を取得して反映される。ユーザーは取 得された情報に誤りがないかを確認し、窓の等級 のプルダウンメニューから予測計算を実施する 窓の遮音等級を指定する(図-10)。

窓の透過損失は,表-2に示す JISA 4706<sup>:2015</sup> 「サッシ」に規定された遮音等級基準曲線値を用 いている。なお、窓の透過損失データが入手でき た場合は、ダイアログ上で手入力が可能であり、 その値を用いることができる。

# (2) 換気口の設定

検討対象とする外周壁に換気口が含まれる場 合は、ユーザーが図-3に示すダイアログの「透 過損失データの設定」,「換気口の型」のプルダウ ンメニューより予測計算を実施する換気口の型 を指定する (図-11)。換気口の透過損失は,表-**3**に示す基準化音響透過損失を用いている。

# (3) 総合透過損失の算定

総合透過損失は、「透過損失データ設定」で選択 した窓と換気口の透過損失データと、3.3にお いて検討対象外周壁を指定した際に、中空二重壁 構造の透過損失算定式に則り算出された外周壁 の透過損失, さらに BIM モデルから取得される

> 4000 25.0

$-\theta - \phi = \phi$												
フロバティ	×	透過損失	データ設定			_	- デー	々の手	λ ±, =, =	て能		
球 音源発生	位置	壁	窓	面積	窓の等級 T-1級 〜	63	125 :	250 51	0 25.0	0 2000 25.0	,	
		±0	1000 1000	1.1020	T-1級 T-2級	2.0	10.0	1.0 20	.0 20.0	20.0	-	
マス (1)	~ 増タイフ編集	<			1-3般 T-4級							
拘束	<b>^</b>											
集計レベル	1SL		义	図-10		窓の「透過損失データ設定」						
作業面	表 2 密の透過							渦指牛				
ホストのオフセット	0.0				12	2		22 시민 15	マン			
マテリアル / 仕上	*		ኛወ	<b>亩</b>		オク	フターブバ	ンド中心り	<b>周波数(</b>	Hz)		
マス マテリアル	既定のフォーム		志の	おり巡古寺被		125	250	500	1000	2000	40	
寸法	*		Т	4等級	17.5	25.0	32.5	40.0	40.0	40.0	4	
半径	500.0			つ竿組	12 5	20.0	27 5	25.0	25.0	25.0	21	
マス床	編集		1	し、中心	12.5	20.0	27.5	35.0	35.0	35.0		
総床面積			T	2等級	7.5	15.0	22.5	30.0	30.0	30.0	30	
総表面積	3.142 m <sup>2</sup>		T-	1等級	2.5	10.0	17.5	25.0	25.0	25.0	25	
総容積	0.524 m <sup>3</sup>											
識別情報	*		換気[									
イメージ			壁	換	気口の型	ļ						
コメント					設理化が	スター開	۹)					
マーク			壁(	D 片	設型(レジ	ハイ 16 スター間	<i></i>					
フェーズ	*			防	音型(防音	fフード)	,,					
構築フェ−ズ	新しい建設			720	,	_	_	_			_	
解体フェーズ	なし											
一般	\$		2	]-11	換気	ロの	「透過	過損失	デーク	7設定	J	
点音源			_	+ 0		- 	++- 3/4+		נותי בביוז	ын. а)	- \	
上立派				<b>云</b> 一3	<b>孾</b> 匇		基準	匕首響	透道	損矢 <sup>。</sup>		
<b>ふ</b> 自線 ト 立	リナナ チェックナンズト 立体 ユヨズ始 寺・	7.+					オクターフ	バンド中	心周波数	(Hz)		
点 首 源 か 緑 首 源 を 設 定	します。ナエックオンで点音源、オフで線音	(°9°	換	気口の仕	様	63	125 2	50 50	100	0 2000	1 40	

<u>プロパティ ヘルプ</u>

図-9 音源パーツのプロパティ画面

適用

	オクターブバンド中心周波数(Hz)									
換気山の仕様	63 125		250 500		1000	2000	4000			
一般型(レジスター開)	20.5	25.5	21.0	14.6	21.4	19.0	20.6			
防音型(防音フード)	21.3	26.3	16.2	25.2	31.2	37.8	48.5			

検討対象外周壁各部位の面積情報を用いて算定 する。

# 3.6 計算結果の判定

3.1から3.5で入力条件をすべて設定した
 後、図-3に示すダイアログの目標値欄に室内騒
 音レベルの許容値を入力し、許容値が時間帯別に
 設定されている場合は、ラジオボタンより「昼間」、

「夜間」の時間帯を選択して「計算」を実行する と,設定した外周壁開口部の遮音仕様に対する計 算結果が計算値のセルに表示される(図-12)。設 定した許容値を満足する場合は,計算値のセルの 背景は「白」,許容値を超過した場合は,セルの背 景が「赤」で表示されるため,許容値を満足する 外周壁開口部の遮音仕様が定まるまで,繰り返し 計算を実施する。

# 3.7 計算結果の保存と提示

本ツールにより得られた計算結果は,図-3に 示すダイアログの「登録」の実行により保存でき る。登録処理は,あらかじめ用意した表計算ソフ ト「Excel」のテンプレートに,計算条件設定時の 情報や計算過程で算出された各値を登録し,シー トとして保存されるため,ファイル名を同一にし て登録を行うと,登録を繰り返すたびに計算結果 のシートがファイル上に追加されて保存される。 また,帳票出力機能により,計算過程の一覧を表 として提示することができる(図-13)。

### 4. ツールによる計算精度と作業効率化

本ツールによる計算精度は、同一条件のもと表 計算ソフトを用いて机上で行った計算結果と比 較したところ、その差は1dB未満であり、BIMモ デルから取得された寸法や距離、面積などの情報 が、正しく反映されていることを確認した。また、 予測検討に要する作業時間については、1/10以上 の効率化が図れるようになったと考えている。

# 5. まとめ

BIM ソフト上で利用可能な,遮音検討用 BIM アドインツールを開発した。

本ツールの利用により,外周壁開口部の遮音検

討に要する作業時間は,机上で予測計算を実施し た場合に比べて 1/10 以上の効率化が図れること を確認した。今後は,本ツールに対する改良点や 追加すべき機能,さらに試行を通じて使用者から 寄せられる要望などを集約して,利便性や操作性 の向上を目的とした改修を加えていく予定であ る。

### 参考文献

- 日本建築学会編:実務的騒音対策指針(第 二版),技報堂出版,pp.25,2000
- 日本音響材料協会編:建築音響シリーズ
  <材料編>2「遮音材料」,技報堂出版, pp.36-41,1978
- 大内孝子:開口部の遮音:小型建築部品, 音響技術 No.110, Vol.29, no.2, 2000.6



自動保存	ා <b>සූ භං</b> ්	• # # •			検証-×	lsx - fR?	えしました			≣≢5夫 団 – □ X
			BGC 7	r−9 8	আ কা		″ Q≆		富を入力して	
P16	* = × ~	fx								
			-	-	0					
1	線屋 0(1-2)(4巻)	-ILALAN FLI	10122	e an	e atrate a	EL of the	ወዲመ	,	~	10 m · · · · · · · · · · · · · · · · · ·
2	11日	前位	A119-00	125	250	500	114	24		備走 備走
3	SPI	(dB)	75.7	68.7	66.4	62.1	54.9	46.6	37.7	ままえの音圧レベル(音速からの距離26.3m)
4	SPLa	(dB)	76.1	69.1	66.8	62.5	55.3	47.0	38.1	外像面の安圧しべい(安排~外像面までの紙構243m)
5		TL.	30.5	39.4	48.4	57.A	66.4	75.4	84.4	
6		τ	8.99E-04	1.16E-04	1.46E-05	1.84E-06	2.31E-07	2.91E-08	3.67E-09	普通コンクリート:160mm
7	91 M	S	2.65	5×3.12-1	05×1.05=	7.17	m <sup>2</sup>			空京V書:45mm 石質ボード:125mm
8		τS	6.44E-03	8.31E-04	1.05E-04	1.32E-05	1.66E-06	2.09E-07	2.63E-08	
9		TL.	7.5	15	22.5	30	30	30	30	
0	*	τ	1.78E-01	3.16E-02	5.62E-03	1.00E-03	1.00E-03	1.00E-03	1.00E-03	T-248
11	10	S		1	05×1.05=	1.10	m <sup>2</sup>			1-200
12		τS	1.96E-01	3.49E-02	6.20E-03	1.10E-03	1.10E-03	1.10E-03	1.10E-03	
13		TL	21	26	21	15	21	19	21	
14	積気口	τ	8.91E-03	2.82E-03	7.94E-03	3.47E-02	7.24E-03	1.26E-02	8.71E-03	
.5	10000	S				1.00	m <sup>2</sup>			10200 2712 000
16		τS	8.91E-03	2.82E-03	7.94E-03	3.47E-02	7.24E-03	1.26E-02	8.71E-03	
17	#	ΣτS	2.11E-01	3.85E-02	1.42E-02	3.58E-02	8.35E-03	1.37E-02	9.81E-03	
.8	透過面全体の面積	ΣS		2	65×3.12=	8.27	m <sup>2</sup>			外壁の長さ×階高
9	総合連過率	τ	2.56E-02	4.66E-03	1.72E-03	4.33E-03	1.01E-03	1.66E-03	1.19E-03	$\tau = \Sigma \tau S / \Sigma S$
20	総合透過損失:TL	(dB)	15.9	23.3	27.6	23.6	30.0	27.B	29.3	TL=10×log <sub>10</sub> (1/τ)
21		吸音率	0.09	0.12	0.11	0.11	0.10	0.10	0.12	洋室(フローリング)
22	e e	至表面積		12	2.72×2.5=	31.81	m²			部屋の周長×天井南
23		吸管力:A	2.9	3.8	3.5	3.5	3.2	3.2	3.8	吸音率×表面積
10	床	至表面積				9.73	m*			部座曲横
10		吸音力:A	0.9	1.2	1.1	1.1	1.0	1.0	12	収留率×表面積
33	天井	至我回積				9.73	m*			古托盤田積
10	1200月第417日	190187711A	0.9	1.2	5.0	1.1	1.0 E.1	1.0	12	吹音中へ我国情
21	#601%E71;2A	(4D)	4.0	1.0	5.0	17	0.1	0.1	102	
22	10/0618237240	(4D)	2.0	1.0	1.7	20	4.1	4.1	1.0	
33	SPLL	(48)	65.7	50.0	43.9	49.5	90.4	94.9	19.1	SR TI #10 V br (7 S/7 A)#9
84	Gr L1	0807	00.7	50.0	40.0	40.0	00.4	2.4.2	10.1	0.00101070000020720010
35	部厚 9(T-2)(4階)	北外壁より	入射する	室内音圧	レベルの	合成				<b>線音液・昼間</b>
36	項目	重位	63	125	250	500	1k	2k	4k	備考
37	SPLI	(dB)	65.7	50.0	43.8	43.5	30.4	24.2	13.1	音圧レベル
38	A特性辅正量	(dB)	-26.2	-16.1	-8.6	-3.2	0.0	1.2	1.0	
39	SPLia	(dB)	39.5	33.9	35.2	40.3	30.4	25.4	14.1	騒音レベル
10							[編奏]		44 3dB	(日標(G = 454P)
	#1/# 0 (T_2) (4	102) (201	-	(T-2) (	4월) 문의	8	and the L		44.3dB	(E140 HE - 400B)
	(4) (1-2) (4	(mill)	BHE 9	(1-2)	-at 22				_	P
±11876 ∫									_	BB 181 C + 90%

図-13 帳票出力の例