

騒音制御システムについて(シャフトサイレンサ) -丸の内1丁目1街区開発計画B・C工区「丸の内オアゾ(OAZO)」工事報告-

Noise Control System (Shaft Silencer)

吉川泰正*

Yasumasa Yoshikawa

2004年9月、東京駅北口前の旧国鉄本社跡地にオフィスと店舗を融合させた新しいアメニティゾーンとして丸の内オアゾが誕生した。丸の内オアゾは交通結節点として、JR東京駅、地下鉄東京駅、大手町駅を結ぶ役割も担っている。丸の内オアゾは、環境に配慮して地下空間の換気ファンの騒音対策を行い、地域冷暖房システムも採用されている。

本工事は丸の内オアゾの大地下空間の換気ファンと地域冷暖房システムの換気ファンから発生する騒音を低減させ、快適な空間を提供することを目的として、騒音制御を行った。

当社では、換気口から発生する騒音の制御システム一式を受注し、音響設計を行い、工事を完了させ規制値をクリアすることができた。

本論文では、本工事で行ったコンクリートシャフトにサイレンサを設置する工事と設計の概要について報告する。

Marunouchi OAZO was born in September of 2004 as a new amenity zone that unites offices and store at vacant lot of the old JR head office in front of the Tokyo station north entrance. It is bearing the role that connects JR Tokyo station, a subway Tokyo station and the Otemachi station as a traffic knot point. It performs measure against noise of the ventilation fan of underground space in consideration of environment, and the District Heating-Cooling Systems is adopted.

This construction reduced the noise generated from the ventilation fan at underground space of Marunouchi OAZO and fan of the District Heating-Cooling Systems, and performed noise control for the purpose of offering comfortable space.

In our company, we could receive the order of a set of a control system of noise generated from a ventilator, perform the sound design, and complete the construction with clearing the regulation value.

This paper reports the outline of the construction that installs a silencer in concrete duct formed by this construction and the design.

1. はじめに

丸の内オアゾは、東京駅北口に広がるオフィス街と店舗を融合させた複合施設である。

本工事では、地下駐車場の換気ファンと地域冷暖房システム(DHC)から周辺に伝搬する騒音を軽減するために、音響設計、サイレンサの製造、設置工事を行った。

本論文では、音響設計を行って、サイレンサと吸音材を換気シャフト内に設置した工事について報告する。図1に周辺地図を示す。

敷地面積	: 約10,791m ²
延床面積	: 約128,764m ²
最高高さ	: 約160m (B4F～29F)
発注者	: 三菱地所株式会社殿 : 日本生命保険相互会社殿
設計監理	: 三菱地所設計・日建設計設計監理共同体殿
建築施工	: 清水建設株式会社殿・戸田建設株式会社殿
工事内容	: サイレンサ設置工事
請負業者	: 株式会社栗本鐵工所
シャフト数	: 9ヶ所(清水建設株式会社殿工区) 2ヶ所(戸田建設株式会社殿工区)

2. 工事概要

本工事の概要を以下に示す。サイレンサを設置したシャフトを図2に示す。

工事名	: 丸の内1丁目1街区(東京駅北口)開発計画 B・C工区「丸の内オアゾ(OAZO)」
工事場所	: 東京都千代田区丸の内1丁目6番4号他
竣工	: 平成16年8月
主要用途	: 事務所、ホテル、店舗など

3. シャフトサイレンサが必要となった経緯

3.1 地域冷暖房システムが導入された背景

環境問題に関心が集まる中で、昭和47年に「熱供給事業法」(通商産業省法律88号)が施行された。都条例では、平成6年に施行された「東京都地域冷暖房推進に関する指導要綱」によって、床面積が概ね20,000m²以上の新築・改築の建築物は、地域冷暖房システムの導入が、要請されている。他の自治体でもこれに準ずる規制が強まってきている。

* 建材事業部 消音エンジニアリング部

東京駅周辺は広域にわたって、地域冷暖房システムが採用されている。丸の内1丁目地区でも、省エネの一環として地域冷暖房システムを用いている。

3.2 地域冷暖房システムのメリット¹⁾

SO_x、NO_xなどの排出量を最小限に抑制し、大気汚染を防止し、燃料消費量を節約でき省エネ効果を得ることができる。燃料は主に、都市ガスや電力を使用するため、備蓄する必要がなく、管理を集中的に行えるので災害のリスクが減り、防災に役立つ。また、個々のビルに煙突が不要となるため、街の美観が向上するなどのメリットがあげられる。

3.3 シャフトサイレンサが採用された理由

前述した「東京都地域冷暖房推進に関する指導要綱」第13条第6号には、事業計画立案者は事業計画を実施した場合、「地域冷暖房プラントにおける騒音等およびその防止策」の予測を行うことが、明記されている。

丸の内1丁目地区に、地域冷暖房システムが導入され、集中的に設置される機器から発生する騒音を、当社の制御システムによって低減し、周囲の環境と調和する快適な空間を提供することを目的としてシャフトサイレンサが採用された。

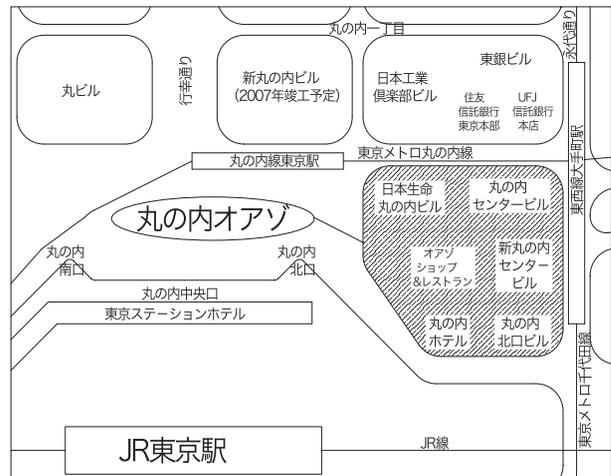


図1 周辺地図

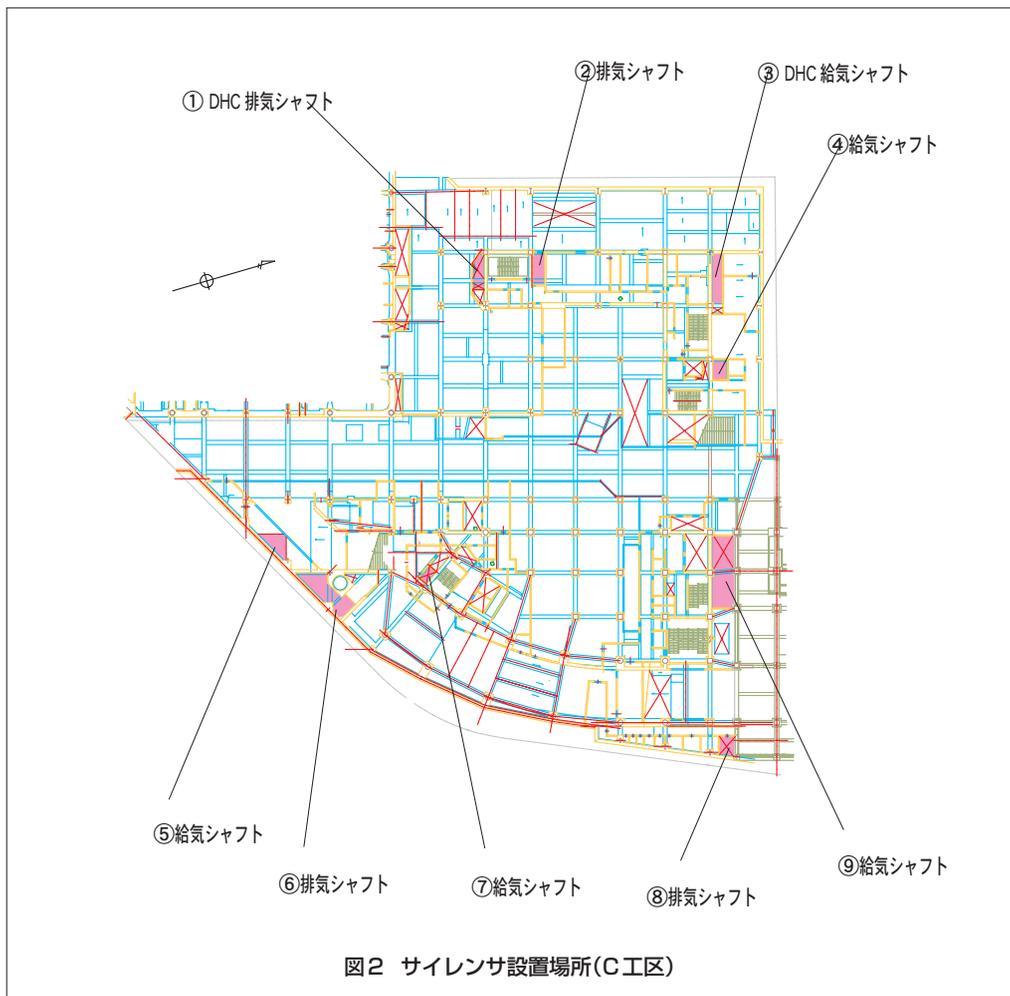
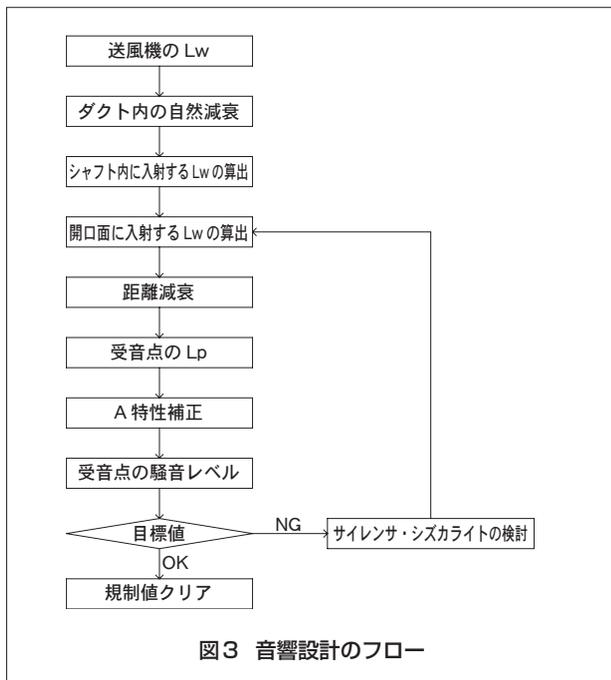


図2 サイレンサ設置場所(C工区)

4. 音響設計について

4.1 設計概要

道路および工区境界線上での騒音を低減するために、換気シャフトにサイレンサを設置した。換気シャフトは清水建設(株)殿工区9ヶ所と戸田建設(株)殿工区2ヶ所の合計11ヶ所である。11シャフトのうち9ヶ所は地下駐車場の大風量の換気シャフトで、残りの2ヶ所はDHC換気シャフトである。給排気ファンの騒音が85dB(A)以上であるのに対し、道路および工区境界線上に伝搬する騒音を、規制値50dB(A)以下にする必要があった。規制値を満足するために、シャフト内にサイレンサと吸音パネルを設置した。計算のフローを図3に示す。各製品の音響性能、計算手法を以下に示す。



4.2 サイレンサ(KYCS型)

サイレンサを設置する場所は雨の影響を受けるので、吸音材はシズカライト(軽量コンクリート系吸音材)、ケーシングにはガルバリウム鋼板を使用した。

サイレンサの仕様を表1に示す。

今回使用したサイレンサは、吸音材に発泡コンクリート系のものを用いた。あらかじめ、工場で製作したサイレンサ(600W×600H×1,280L~2,000L)を搬入し、設置した。吸音材とケーシングの間には空気層を設け、吸音性能を向上させるようにした。サイレンサの音響性能は表2に、サイレンサの製品図を図4に示す。表2に示すように、本工事で設置したサイレンサは3種類で、必要減衰量よりサイレンサの形状を決定し、各シャフトで工区境界線の目標値を満足できるように音響設計を行った。

サイレンサの挿入損失、圧力損失は、当社音響実験棟にて性能を確認し、実測データに基づいて設計を行った。

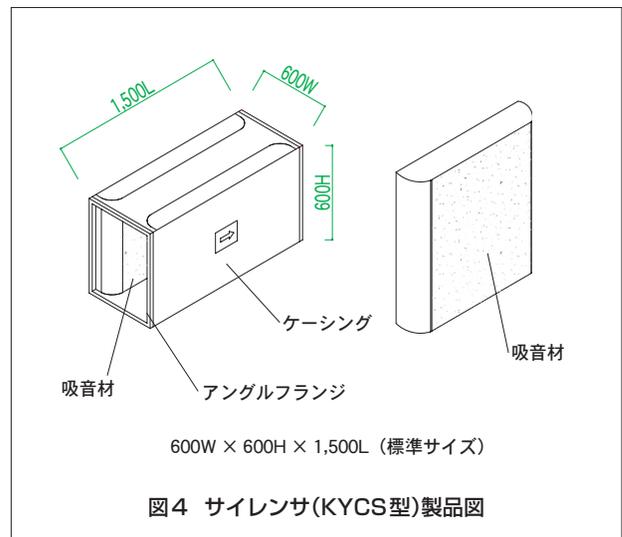


表1 サイレンサの仕様表

材料	仕様
ケーシング	ガルバリウム鋼板：JISG3321（溶融55%アルミニウム-亜鉛合金めっき鋼板及び鋼帯）に規定するSGLCC AZ150
吸音材	軽量コンクリート系吸音板 35t
接続用形鋼	JISG3101（一般構造用圧延鋼材）に規定するSS400

表2 サイレンサ(KYCS型)の音響性能

型番	中心周波数 Hz (dB)								抵抗係数 ζ	重量 (kg/1ユニット)
	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k		
KYCS-2-600-1500L	11	13	14	11	13	16	16	14	3.9	70
KYCS-2-600-2000L	12	15	17	15	18	21	21	17	5.0	90
KYCS-4-600-1280L	5	7	9	9	9	10	11	8	2.2	67

4.3 吸音材

吸音材は、主に屋内で使用するグラスウールと屋外で使用する撥水性グラスウール、軽量コンクリート系吸音材、セラミック系吸音材などがある。今回使用した吸音材は、クリオン株式会社製のシズカライト(軽量コンクリート系吸音材)で、屋外に設置するには適した材料

である。軽量コンクリート系は、撥水性グラスウールよりも耐久性があり、セラミック系より耐久性でやや劣るものの、一般的にセラミック系より、安価で吸音率も優れている。各種吸音材の吸音率比較表を表3に示す。吸音材の写真を図5に示す。シズカライトの吸音率は、クリオン株式会社のデータを使用した。

表3 各種吸音材の吸音率の比較表

吸音材	中心周波数 Hz							
	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k
グラスウール 50t	0.10	0.20	0.30	0.65	0.80	0.85	0.85	0.85
シズカライト 35t	0.06	0.11	0.36	0.84	1.04	0.80	0.86	0.86
シズカライト 45t	0.06	0.12	0.49	0.99	1.02	0.94	0.94	0.94
セラミック 20t	0.03	0.05	0.10	0.20	0.40	0.80	0.60	0.60

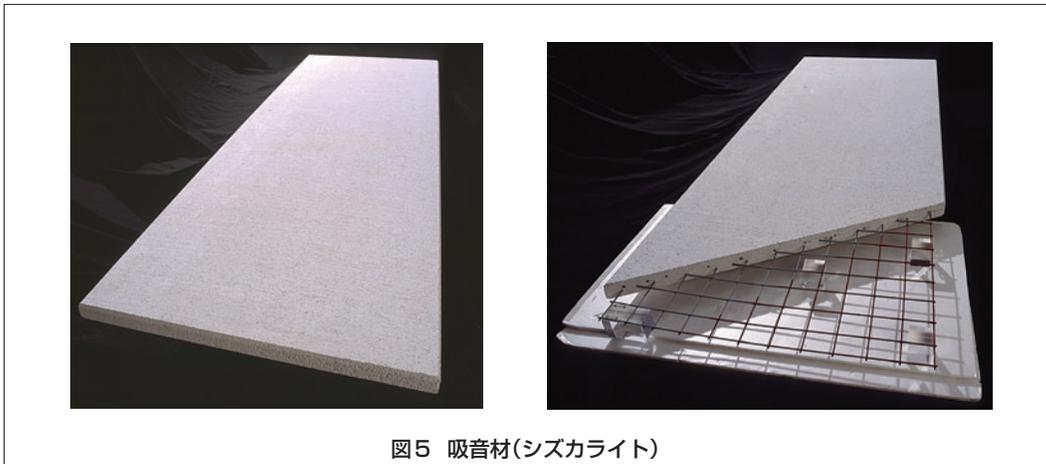


図5 吸音材(シズカライト)

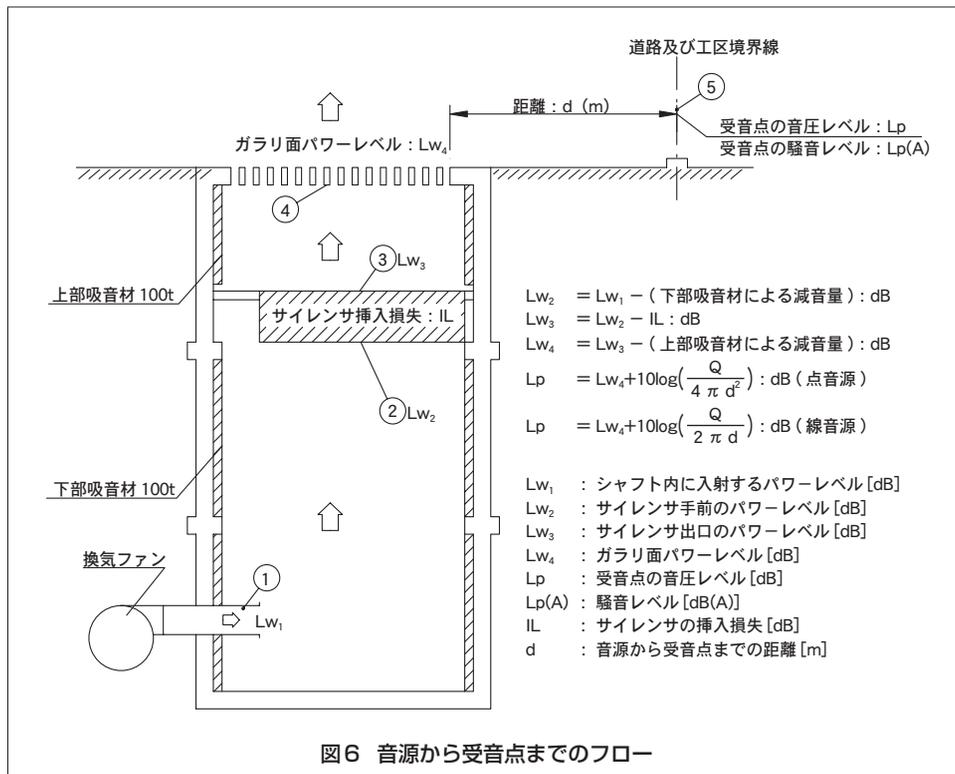


図6 音源から受音点までのフロー

4.4 設計手法

本工事を施工するにあたり、音響設計を行った。図6に音源から受音点までのフローを示す。計算方法を以下に示す。

4.4.1 送風機のパワーレベルの合成

シャフト内に入射するパワーレベルは、ファンが複数ある場合、各ファンのエネルギー加算して求める。

4.4.2 サイレンサの挿入損失

図6に示すように、下部の吸音材(シズカライト100t)による減音量をシャフト内に入射するパワーレベル(L_{w1})から差し引き、サイレンサ手前のパワーレベル(L_{w2})を求める。サイレンサ手前のパワーレベル(L_{w2})からサイレンサの挿入損失ILを減じて、サイレンサ出口のパワーレベル(L_{w3})を求める。さらにサイレンサ出口のパワーレベル(L_{w3})から上部の吸音材(シズカライト100t)による減音量を差し引き、ガラリー面のパワーレベル(L_{w4})を求める。

4.4.3 距離減衰

受音点での音圧レベル L_p は、ガラリー面のパワーレベル L_{w4} から距離減衰を差し引いて求める。開口面から受音点までの距離減衰は、図6に示す式で求められる。

4.4.4 騒音レベル

騒音レベルとは、音圧レベルにA特性補正(耳で感じる音の大きさに近似した補正)をしたものである。

現在の騒音の評価として最も一般的なのが、この騒音レベルである。A特性補正値を表4に示す。本工事の測定は、等価騒音レベル(L_{Aeq})で行った。

4.4.5 規制値

本工事の規制値は、「都民の健康と安全を確保する環境に関する条例」の第3種区域に該当し、夜間で50dB(A)以下である。

表5に「都民の健康と安全を確保する環境に関する条例」の規制値を示す。

表4 A特性補正値

	中心周波数 Hz (dB)							
	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k
A 特性補正値	- 26	- 16	- 9	- 3	0	1	1	- 1

表5 規制値

種別	区域の区分		時間の区分	音源の存する敷地と隣地との境界線における音量 (単位: dB)
		該当地域		
第1種区域	一	第1種低層住居専用地域	午前6時から 午前8時まで	40
	二	第2種低層住居専用地域	午前8時から 午後7時まで	45
	三	A A地域	午後7時から 午後11時まで	40
	四	東京都文京地区建築条例第2条の規定により定められた第1種文教地域	午後11時から 翌日午前6時まで	40
	五	前各号に掲げる地域に接する地先及び水面		
第2種区域	一	第1種中高層住居専用地域、第2種中高層住居専用地域、第1種住居地域、第2種住居地域及び準住居地域であって第1種区域に該当する区域を除く区域	午前6時から 午前8時まで	45
			午前8時から 午後7時まで	50
	二	無指定地域 (第1種区域及び第3種区域に該当する区域を除く)	午後7時から 午後11時まで	45
			午後11時から 翌日午前6時まで	45
第3種区域	一	近隣商業地域 (第1種区域に該当する区域を除く。)	午前6時から 午前8時まで	55
	二	商業地域 (第1種区域及び第4種区域に該当する区域を除く。)	午前8時から 午後8時まで	60
	三	準工業地域	午後8時から 午後11時まで	55
	四	工業地域	午後11時から 翌日午前6時まで	50
	五	前各号に掲げる地域に接する地先及び水面		
第4種区域		商業地域であって知事が指定する地域	午前6時から 午前8時まで	60
			午前8時から 午後8時まで	70
			午後8時から 午後11時まで	60
			午後11時から 翌日午前6時まで	55

5. シャフトサイレンサの施工手順

ブラケットをアンカーで躯体に固定し、ブラケットにサイレンサを設置し、ボルトで固定し、遮音板を固定して仕上げる。合計で11箇所のシャフトがあった。サイレンサ設置図の一例を図7に示す。本工事の施工フローを図8に示す。

躯体にアンカーでブラケットを固定する。ブラケット1個につき、躯体と2箇所、サイレンサと2箇所を固定した。取り付け部分の写真を図9に示す。固定したブラケットに架台(H形鋼)を設置し、ボルトナットで固定する。H形鋼はボルト穴の加工したものを入れた。写真を図10に示す。

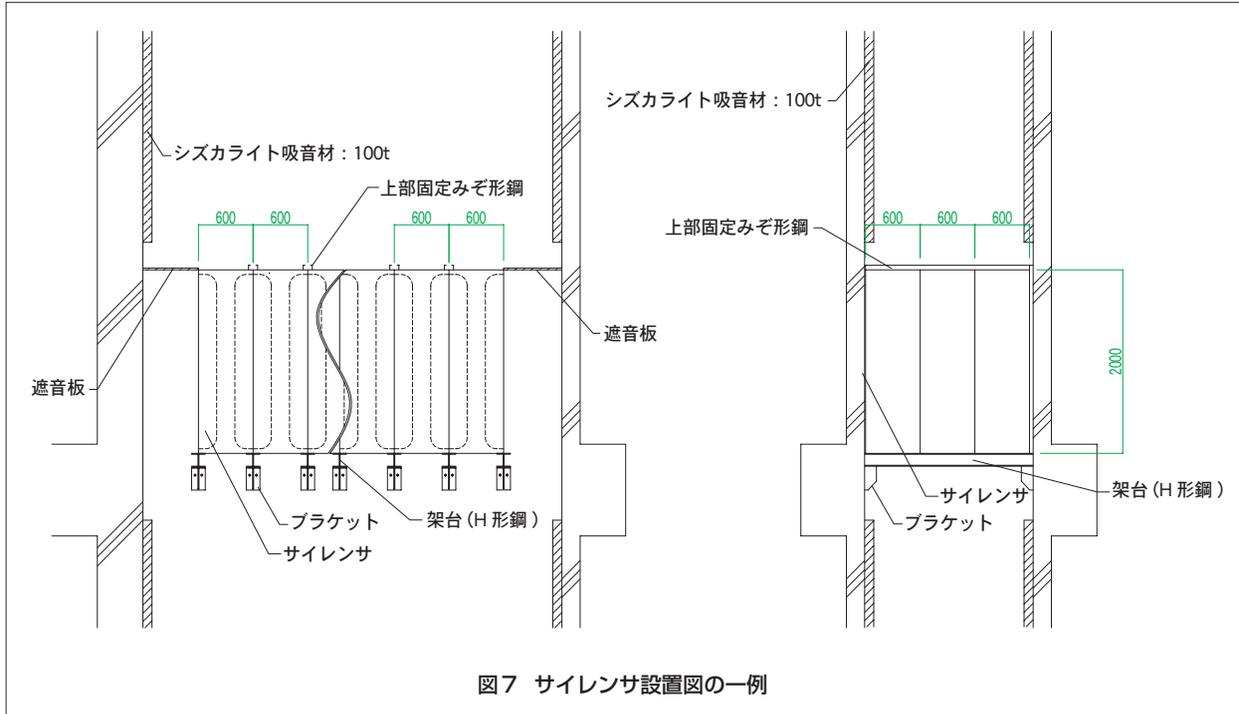


図7 サイレンサ設置図の一例

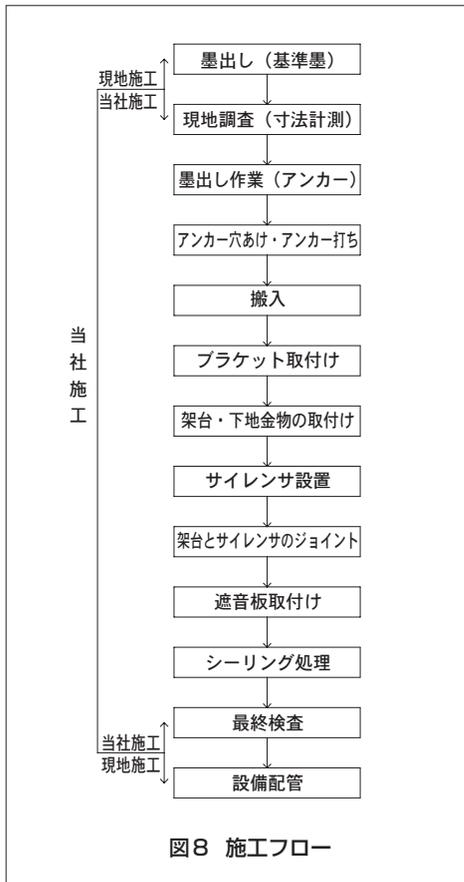


図8 施工フロー



図9 ブラケット取付け



図10 架台取付け

架台(H形鋼)にサイレンサを設置し、ボルトナットで固定する。サイレンサの開口部にはボルト穴をあけたアングルを取付けておき、現場でH形鋼とボルトナットでジョイントする。サイレンサの設置状況を図11に示す。サイレンサを取付けない部分には、遮音板を貼る。遮音板の写真を図12に示す。

躯体と遮音板の隙間からのエア漏れを防止のために、シリコンシーリングで隙間をふさぎ、仕上げ処理を行った。工事完了後の写真を図13に示す。



図11 サイレンサ設置



図12 遮音板の施工



図13 工事完了後

6. 騒音測定

工事完了後、騒音測定を行い、道路および工区境界で目標値を満足するものであった。

交通騒音などの暗騒音の影響により、対象騒音の測定が不可能な部分も数ヶ所あったが、換気口のみからの騒音値は、すべて規制値の50dB(A)以下であることが確認できた。敷地境界線上での測定結果の一例を、表6に示す。

表6 敷地境界線上での測定結果

測定点	設計値 dB (A)	測定結果 dB (A)	測定場所
測定点1	49	44	⑤給気シャフト
測定点2	46	43	⑥排気シャフト

※測定場所については、図2参照のこと

7. 終わりに

本工事で換気シャフトの騒音対策として、当社騒音制御システムを受注し、消音性能を十分に発揮し、目標値通りのスペックで完納できた。

今後、本工事での施工技術や設計の経験と技術を生かし、設計から施工までトータルで提案できるような営業展開を行っていく。

8. 納入実績について

平成15年10月から屋外騒音対策をターゲットとして、消音エンジニアリング部が発足した。本工事を皮切りに以下に示す分野において、着実に納入実績を上げてきている。

本論文で、報告したビル用換気シャフトのほかに、地下鉄、共同溝、ポンプ場、事業所などの物件にも施工を行っている。平成16年度の施工実績はシャフトサイレンサとして、地下鉄関連で福岡市交通局3号線4駅(別府駅、七隈駅、次郎丸駅、六本松駅)と高速鉄道東西線1駅(京都六地藏駅)の合計5駅を受注し施工した。共同溝では仙台北部共同溝、志村坂下共同溝(都内)の2物件を納入した。ポンプ場についても首都圏を中心に、ポンプ場、配水場やゴミ処理場などで5物件を納入した。取扱製品についても、サイレンサだけでなく防音パネルや防音壁についても施工を行っている。

謝辞

本工事の施工にあたり、株式会社三菱地所設計殿をはじめとする、設計・工事関係者の皆様にはひとかたならぬご指導、ご協力を賜り、ここに深く感謝の意を表します。

参考文献

1) 渡邊一敏：熱供給事業と地域開発、(社)日本技術士会監修、他人書館(1997)、p.6～8

執筆者

吉川泰正

Yasumasa Yoshikawa

平成10年入社

音響設計に従事

