

意匠性を考慮した縦格子手摺の風鳴り音対策技術に関する検討

加藤優輝*¹ 黒木拓*¹ 大脇雅直*²

共同住宅では、バルコニーや屋上等に手摺が設置される。建物の隅角部や屋上等において日常的に風が強い傾向にあり、風が手摺子を吹き抜けやすいため、縦格子手摺の風鳴り音が居住者から指摘される場合がある。特に振動音は、手摺子の振動が躯体に伝搬し、固体伝搬音で設置場所から離れた居室で放射される。

筆者らは、縦格子手摺の外観を変えず、振動音を低減することが可能となる、板材とばねを用いた縦格子手摺の風鳴り音対策技術を開発した。本報では、板材とばねの構成や種類に関して検討を行い、手摺子と風鳴り音低減部材の固定度を高くしすぎないことが風鳴り音対策として有効であることを示した。

キーワード：縦格子手摺、風鳴り音、空力振動、風洞実験、減衰定数

1. はじめに

共同住宅では、バルコニーや屋上等に手摺が設置される。手摺のタイプとしては、腰壁タイプ（コンクリート）やパネルタイプ（ガラス等）、格子タイプの手摺があるが、意匠・採光・風荷重・コスト等の観点から、縦格子手摺が多く用いられている。

縦格子手摺は同一の断面形状の中空部材（手摺子）が同じ間隔で配置される構成が多く、その場合は手摺子の長さは 1,000-1,200 mm とする場合が多い。一方、シンプルなデザインであるため、風が手摺子を吹き抜けた際に剥離渦が発生しやすく、手摺の設置場所、手摺子の断面形状、手摺子の間隔によって風鳴り音が発生する場合がある。建物の隅角部や屋上等では日常的に風が強い傾向にあり、風が手摺子を吹き抜けやすいため、縦格子手摺の風鳴り音が居住者から指摘される場合がある。

縦格子手摺の風鳴り音は空力音と振動音に分けられる。空力音は、固体の振動によらず、空気の流れから発生する音である。振動音は、風が縦格子手摺を吹き抜けたときに形成されるカルマン渦との共振振動（渦励振）に代表される空力振動によって発生する。さらに、手摺子の振動が躯体に伝搬し、固体伝搬音として設置場所から離れた居室で放射される。そのため、振動音が居住者から指摘される場合が多い。

振動音は、共振振動が原因であるため、手摺子の断面形状によっては低風速でも発生しやすい。縦格子手摺において、共振振動が発現しやすい要因としては、

- ・ 渦励振などが発現しやすい断面形状（手摺子）
- ・ 手摺子が軽量な中空部材
- ・ 減衰定数が小さい

等が挙げられる。そのため、多くの建物では、風が吹き抜けやすい建物の隅角部や屋上に縦格子手摺は設置せず、

*1 技術本部 技術研究所 環境工学研究室

*2 技術本部

ガラスパネルタイプの手摺が用いられることが多い。

縦格子手摺を用いる場合の振動音に対する既往の対策としては、

- ・ 手摺子に充填剤を挿入する方法
- ・ 手摺子や手摺子-笠木間に防振材を取り付ける方法
- ・ 手摺子の下端部に防振材を密着させて挟持する方法
- ・ 手摺子に直交して横棧（アルミフラットバー）を構造用接合テープで取り付ける方法

等^{例えば 1)~5)}があり、特に横棧を取り付ける方法が広く用いられている。

手摺子に充填剤を挿入する方法の場合、手摺子が重くなるため、縦格子手摺の構造に影響を及ぼす可能性が考えられる。防振材を取り付ける方法の場合、耐候性や脱落防止等の安全性に関する課題が考えられる。横棧を取り付ける方法の場合、意匠性、脱落防止の安全性、足がかりになることへの安全性等に関する課題が考えられる。

近年は、建物の意匠性や居室内からの眺望を考慮した風鳴り音対策がデベロッパーや設計者から求められている。さらに、縦格子手摺や風鳴り音対策が足がかりとならないような安全面の対策も求められている。そこで、筆者らは上記課題を解決する板材とばねを用いた縦格子手摺の風鳴り音対策技術を開発した⁶⁾。開発した風鳴り音対策技術を用いることで、縦格子手摺の外観を変えずに振動音を低減することが可能となる。

本報では、風洞実験を通して板材とばねの構成や種類に関する実験的検討を行った結果を報告する。

なお、本報は文献 7) の内容に新たな実験結果を加えて加筆・修正したものである。

2. 実験概要

2.1 風洞実験の概要

エッフェル型境界層風洞に縦格子手摺を設置し、風洞実験を行った。Photo. 1 に試験体の設置状況を示す。

実験気流は一樣流とし、実験風速は3-20 m/sの範囲で1 m/s刻みとした。実験風向は縦格子手摺が風方向に正対する向きとした。音圧レベルの測定はサウンドレベルメータを縦格子手摺下部に設置した。振動加速度レベルは手摺子下端からの高さ250 mmの位置に取り付けたピックアップにより、風直交方向の成分を測定した。なお、振動加速度レベルの分析周波数は10-5,000 Hzとした。

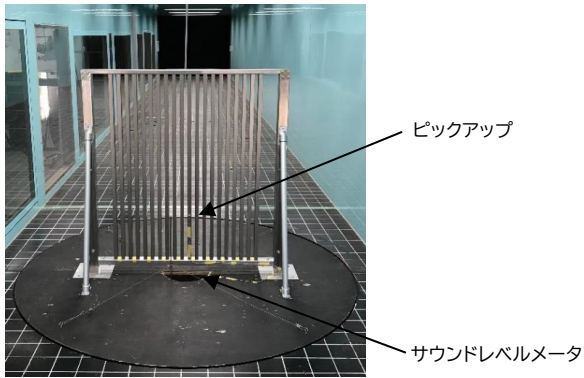


Photo. 1 試験体の設置状況

2. 2 手摺子の減衰定数の推定方法

手摺子の減衰定数を推定するため、ハンマリング試験を行った。ハンマリング試験では、手摺子の高さ250 mmの位置をインパルスハンマーで加振し、同じ高さに設置したピックアップで振動速度を測定した。減衰定数は、測定結果から得られた伝達関数をヒルベルト変換して求めた包絡線から推定した。

2. 3 試験体概要

試験体の概要をFig. 1に示す。手摺子はアルミ押出型材であり、アスペクト比の異なる3種類とした。手摺子の本数は20本とした。手摺子にはビスホールが設置されており、手摺の笠木と下弦材にビスで固定される。

風鳴り音の対策は、Fig. 1に示すように板材とばねで構成された部材（以下、風鳴り音低減部材）を手摺子の中空部に挿入することにより行った。挿入する板材はアルミ製とし、ばねの押圧力により手摺子の内壁に密着させるように設置した。

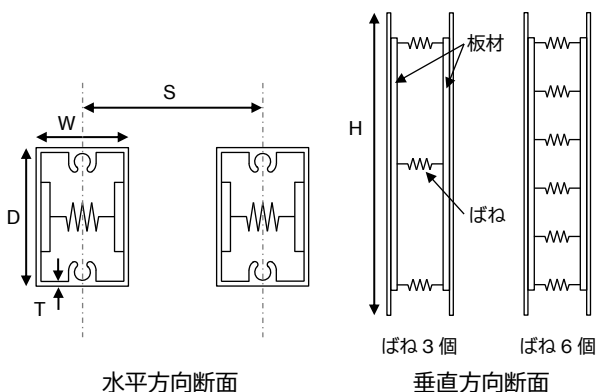


Fig. 1 試験体の概要

Table 1に対策なしの手摺子の概要を示す。併せてTable 2に式(1)から求めた風直交方向（弱軸方向）の1-3次固有振動数を示す。

$$f_n = \frac{n^2 \pi}{2L^2} \sqrt{\frac{EI}{\rho A}} \quad (1)$$

ここに、 f_n : 次数 n の固有振動数 [Hz], L : 手摺子の長さ [m], E : ヤング率 [N/m²], I : 断面2次モーメント [m⁴], ρ : 材料の密度 [kg/m³], A : 断面積 [m²] である。

Table 1 対策なしの手摺子の寸法 (単位: mm)

手摺子	寸法				
	W	D	H	T	S
A	20	30	1,000	1.0	40
B	20	40	1,000	1.1	40
C	15	30	1,055	0.9	40

Table 2 手摺子の固有振動数 計算値 (単位: Hz)

手摺子	固有振動数		
	1次	2次	3次
A	65	261	587
B	67	268	602
C	44	177	399

※1 ビスホールの影響は考慮していない

※2 手摺子の両端をピンと仮定した場合の計算値

3. 対策なしと既往の対策手摺の実験結果

3. 1 対策なし手摺の実験結果

実験風速におけるA特性音圧レベルの測定結果をFig. 2に、振動加速度レベルの測定結果をFig. 3に示す。また、風速5 m/s, 10 m/s, 15 m/sのときの音圧レベルの周波数分析結果をFig. 4-6に示す。

手摺子Aでは、風速5, 6 m/sおよび風速9-20 m/sのときに振動音が発生していた。振動加速度レベルは風速3-6 m/sおよび9-20 m/sのときに大きかった。風速5, 6 m/sのときは1次固有振動数、風速9-20 m/sのときは2次固有振動数で共振し、振動音が発生していた。

手摺子Bでは、風速5 m/sおよび風速14-19 m/sのときに振動音が発生していた。振動加速度レベルは風速4-7 m/sおよび12-19 m/sのときに大きかった。風速5 m/sのときは1次固有振動数、風速14-19 m/sのときは2次固有振動数で共振し、振動音が発生していた。

手摺子Cでは、風速8-13 m/sおよび風速17-20 m/sのときに振動音が発生していた。振動加速度レベルは風速3, 4 m/s, 6-13 m/sおよび15-20 m/sのときに大きかった。風速8-13 m/sのときは2次固有振動数、風速17-20 m/sのときは3次固有振動数で共振し、振動音が発生していた。一方、風速3, 4 m/sのときは1次固有振動数で共振し、手摺子が振動していたが、振動音の発生は聴感上確認できなかった。

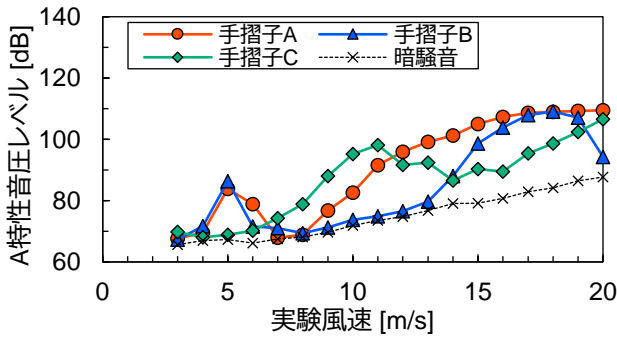


Fig. 2 A特性音圧レベル測定結果 対策なし

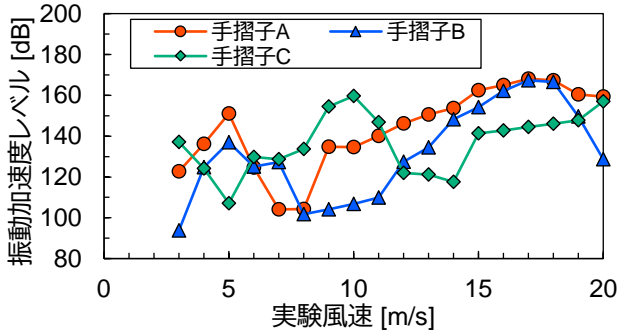


Fig. 3 振動加速度レベル測定結果 対策なし

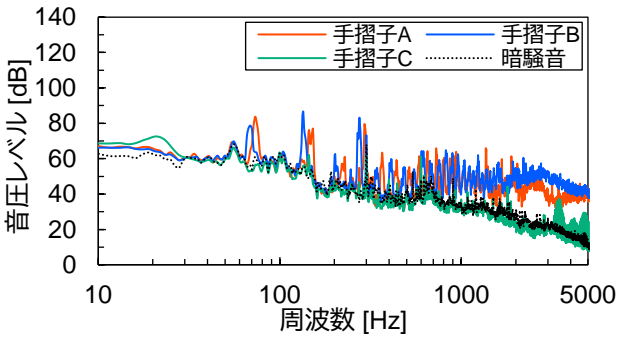


Fig. 4 音圧レベル周波数分析結果 風速 5 m/s

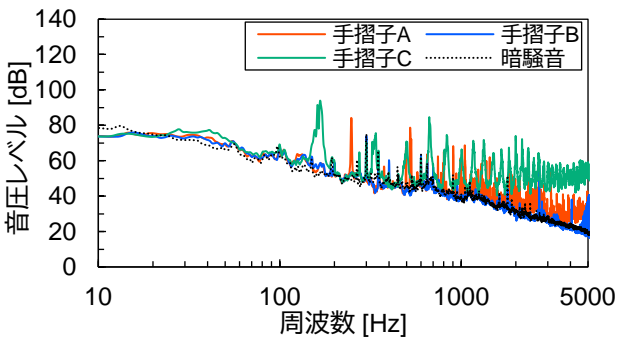


Fig. 5 音圧レベル周波数分析結果 風速 10 m/s

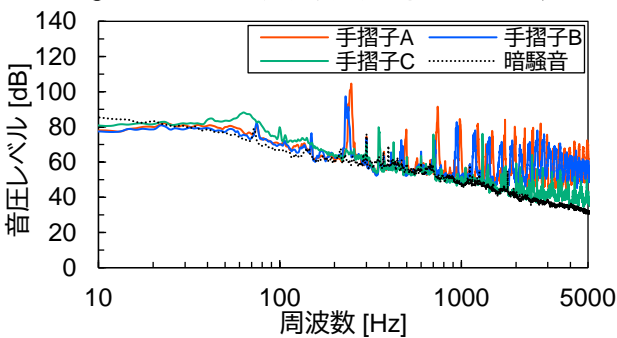


Fig. 6 音圧レベル周波数分析結果 風速 15 m/s

3. 2 既往の対策の手摺の実験結果

手摺子Aに横棧を取り付ける対策を施し実験を行った。横棧は厚さ0.5 mmの両面テープを用いて取り付けるものとし、脱落防止のため両端の手摺子にはビス止めをするものとした。実験は横棧の取り付け位置を手摺子上部から0, 200, 400 mmとした計3ケース行った。A特性音圧レベルの測定結果をFig. 7に、振動加速度レベルの測定結果をFig. 8に示す。

横棧の取り付け位置が0 mmの場合、A特性音圧レベルは風速15-20 m/sのときに大きくなっており、風鳴り音が発生していた。振動加速度レベルは風速4-6 m/s, 13-20 m/sのときに大きくなっていった。

眺望や安全性を考慮した0 mmの位置に横棧を設置すると、風鳴り音が発生していた。したがって、風鳴り音対策としての横棧の取り付け位置は、笠木から一定の距離を離れた位置とすることが有効と考えられる。

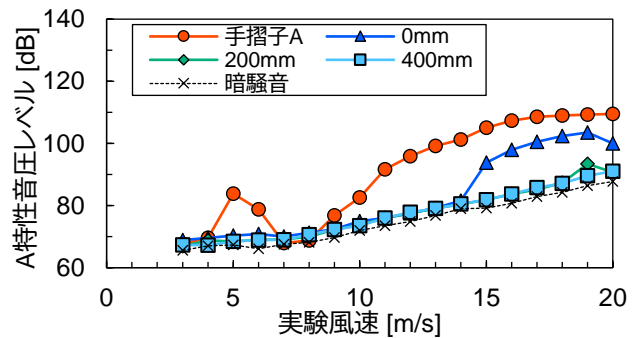


Fig. 7 A特性音圧レベル測定結果 既往の対策

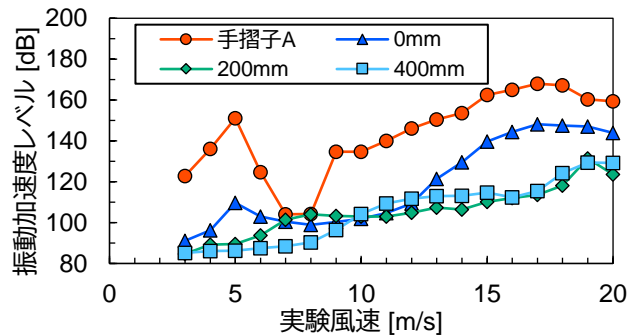


Fig. 8 振動加速度レベル測定結果 既往の対策

4. 風鳴り音低減技術に関する検討

4. 1 板材の厚さに関する検討

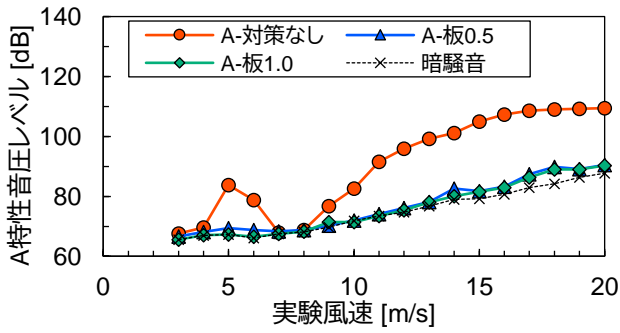
挿入する板材の厚さを変えることによる効果について検討を行った。挿入する板材の厚さは0.5, 1.0 mmの2種類とした。Table 3に試験体概要を示す。ばねはすべて圧縮コイルばねとし、ばね定数は0.5 N/mm、ばねの自由長は手摺子の短辺長(手摺子A, Bでは20 mm, 手摺子Cでは15 mm)と同じ、外径は12 mmとした。

Fig. 9にA特性音圧レベルの測定結果を示す。A特性音圧レベルはすべての試験体で対策なしより低減しており、聴感上も振動音は確認できなかった。

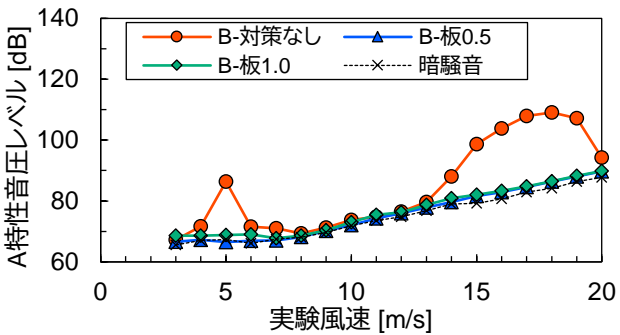
Table 3 試験体概要 板材の厚さの違い

試験体	手摺子	板材			ばね	
		厚さ [mm]	長さ [mm]	幅 [mm]	ばね定数 [N/mm]	個数
A-板 0.5	A	0.5	950	15	0.5	3
A-板 1.0	A	1.0	950	15	0.5	3
B-板 0.5	B	0.5	950	15	0.5	3
B-板 1.0	B	1.0	950	15	0.5	3
C-板 0.5	C	0.5	950	15	0.5	3
C-板 1.0	C	1.0	950	15	0.5	3

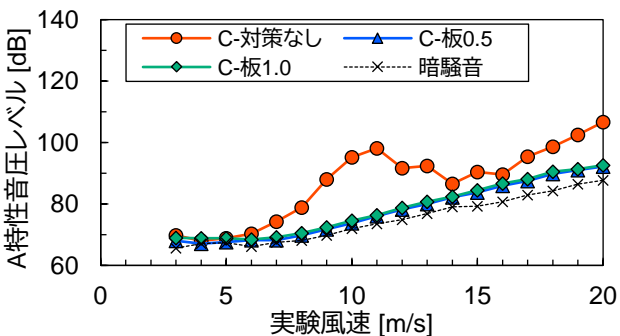
※ ばねはすべて圧縮コイルばね



a) 手摺子 A



b) 手摺子 B



c) 手摺子 C

Fig. 9 A特性音圧レベル測定結果

手摺子 A の風速 5 m/s 時の音圧レベルの周波数分析結果を Fig. 10, 振動加速度レベルの周波数分析結果を Fig. 11 に示す。

対策なしの場合、73 Hz 付近の 1 次固有振動数成分およびその倍音成分で鋭いピークが確認できた。風鳴り音低減部材を設置することによって、音圧レベルおよび振動加速度レベルの鋭いピークは低減していた。一方、板材の違いによる低減効果の差は確認できなかった。

なお、その他の手摺子でも同様の傾向を示していた。

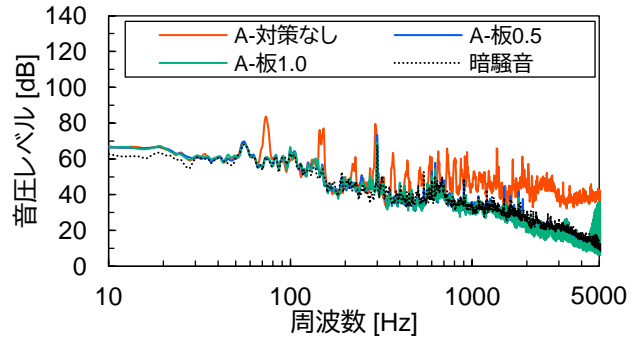


Fig. 10 音圧レベル周波数分析結果 風速 5 m/s

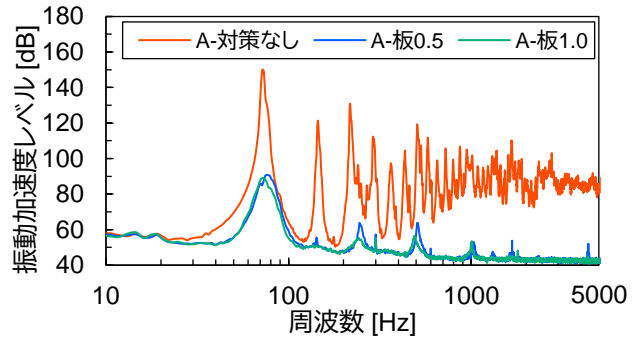


Fig. 11 振動加速度レベル周波数分析結果 風速 5 m/s

Fig. 12 に手摺子 A のインピーダンスレベル（基準値：1.0 (Ns)/mm）を示す。板材の厚さが 0.5 mm の場合、1.0 mm に比べて固有振動数における落ち込みが小さくなっていた。なお、その他の試験体でも同様の傾向を示していた。

減衰定数の推定結果を Table 4 に示す。風鳴り音低減部材を挿入することで減衰定数は対策なしに比べ大きくなっており、低減効果を確認することができた。板材の厚さを比較すると、すべての試験体で厚さ 0.5 mm に比べ 1.0 mm の減衰定数が大きくなっていった。厚さ 0.5 mm より 1.0 mm のほうが大きな振動低減効果があると考えられる。

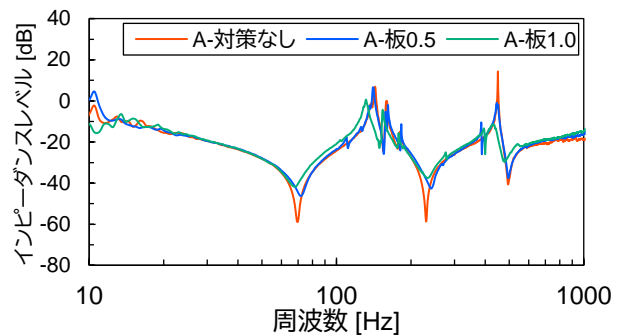


Fig. 12 インピーダンスレベル 手摺子 A 板の厚さ

Table 4 減衰定数推定結果 板材の厚さ (単位%)

手摺子	固有振動数		
	1次	2次	3次
A-対策なし	1.03	0.51	0.97
A-板 0.5	3.32	2.96	1.41
A-板 1.0	4.67	5.60	2.47
B-対策なし	0.84	0.33	0.38
B-板 0.5	1.61	1.21	0.98
B-板 1.0	3.38	2.00	2.81
C-対策なし	1.21	0.57	0.77
C-板 0.5	2.97	1.58	1.13
C-板 1.0	4.90	3.50	2.08

4. 2 ばね定数に関する検討

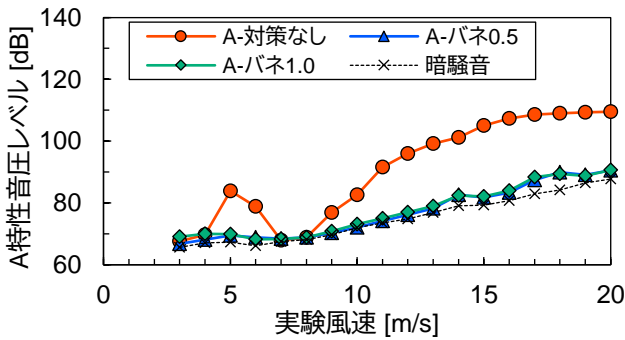
挿入するばねのばね定数を変えたときの効果について検討を行った。挿入するばねは圧縮コイルばねとし、ばね定数は0.5, 1.0 N/mmの2種類とした。なお、板材は厚さ0.5 mmとした。Table 5に試験体概要を示す。

A特性音圧レベル測定結果をFig. 13に示す。すべての手摺子で風鳴り音低減部材を挿入することで振動音が低減されており、聴感上、振動音を確認できなかった。

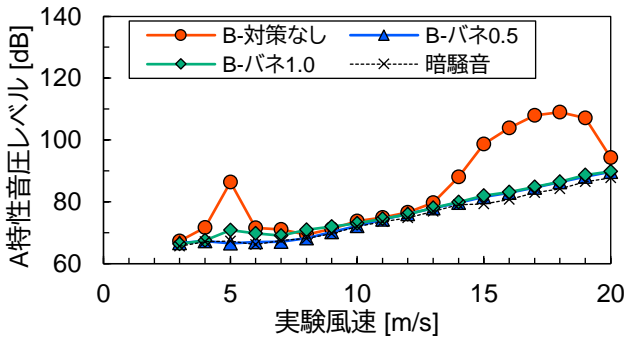
Table 5 試験体概要 ばね定数の違い

試験体	手摺子	板材			ばね	
		厚さ [mm]	長さ [mm]	幅 [mm]	ばね定数 [N/mm]	個数
A-バネ0.5	A	0.5	950	15	0.5	3
A-バネ1.0	A	0.5	950	15	1.0	3
B-バネ0.5	B	0.5	950	15	0.5	3
B-バネ1.0	B	0.5	950	15	1.0	3
C-バネ0.5	C	0.5	950	15	0.5	3
C-バネ1.0	C	0.5	950	15	1.0	3

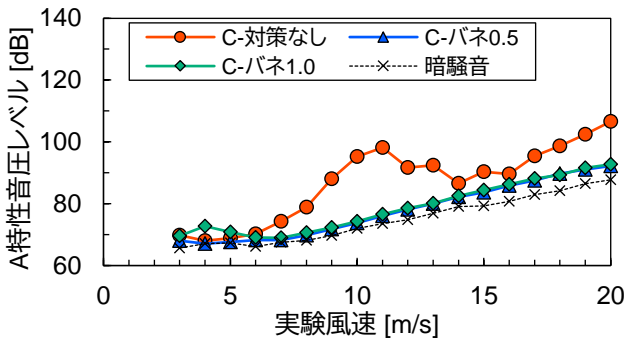
※ ばねはすべて圧縮コイルばね



a) 手摺子 A



b) 手摺子 B



c) 手摺子 C

Fig. 13 A特性音圧レベル測定結果 ばね定数の違い

手摺子BのインピーダンスレベルをFig. 14に示す。ばね定数0.5 N/mmと1.0 N/mmを比較すると、1次固有振動数ではほとんど差は見られなかったが、2, 3次固有振動数ではばね定数1.0 N/mmの落ち込みが大きくなっていた。

減衰定数の推定結果をTable 6に示す。すべての手摺子で対策なしに比べ減衰定数が大きくなっていた。ばね定数で比較すると、ばね定数0.5 N/mmの場合の減衰定数の方が1.0 N/mmの場合に比べ大きな値となる傾向にあった。ばね定数が大きくなり、手摺子と板材の固定度が上がったためと考えられる。

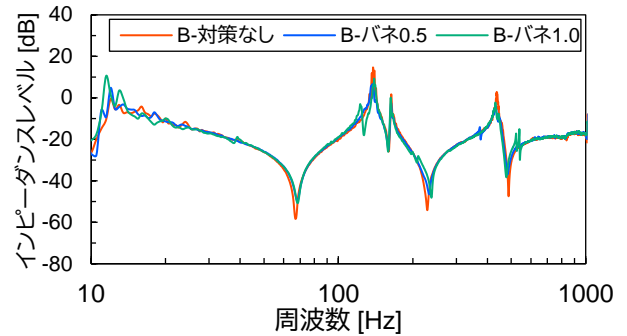


Fig. 14 インピーダンスレベル 手摺子 B ばね定数

Table 6 減衰定数推定結果 ばね定数 (単位%)

手摺子	固有振動数		
	1次	2次	3次
A-対策なし	1.03	0.51	0.97
A-バネ0.5	3.32	2.96	1.41
A-バネ1.0	2.98	2.64	1.04
B-対策なし	0.85	0.51	0.35
B-バネ0.5	1.61	1.21	0.98
B-バネ1.0	1.41	0.98	0.89
C-対策なし	1.21	0.57	0.77
C-バネ0.5	2.97	1.58	1.13
C-バネ1.0	3.02	1.25	1.07

4. 3 ばねの個数に関する検討

風鳴り音低減部材のばねの個数に関する検討を行った。ばねの設置位置は、風鳴り音低減部材の両端とその間に等間隔になるように設置した。Table 7に試験体の概要を示す。検討に用いたばねは圧縮コイルばねとし、ばね定数は0.5 N/mm、ばねの設置個数は3-6個とした。

Table 7 試験体概要 ばねの個数

試験体	手摺子	板材			ばね	
		厚さ [mm]	長さ [mm]	幅 [mm]	ばね定数 [N/mm]	個数
A-バネ×3	A	0.5	950	15	0.5	3
A-バネ×4	A	0.5	950	15	0.5	4
A-バネ×5	A	0.5	950	15	0.5	5
A-バネ×6	A	0.5	950	15	0.5	6

A特性音圧レベル測定結果をFig. 15、振動加速度レベル測定結果をFig. 16に示す。ばねの個数が3-5個の場合、風鳴り音低減部材を挿入することで、振動音が低減されており、聴感上音を確認することはできなかった。ばねの個数が6個の場合、A特性音圧レベルでは風速13 m/sのとき、振動加速度レベルでは風速5, 13 m/sのときに他

の試験体に比べ値が大きくなっていった。聴感上も微かに振動音を確認することができた。

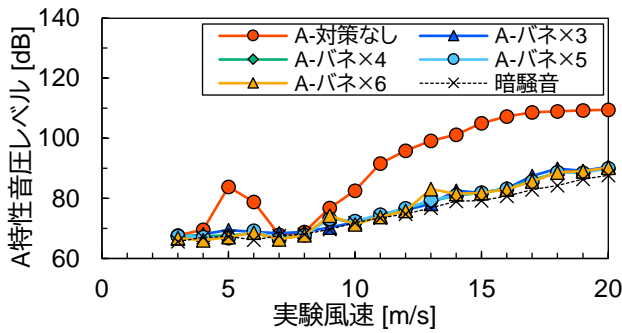


Fig. 15 A特性音圧レベル測定結果 ばねの個数

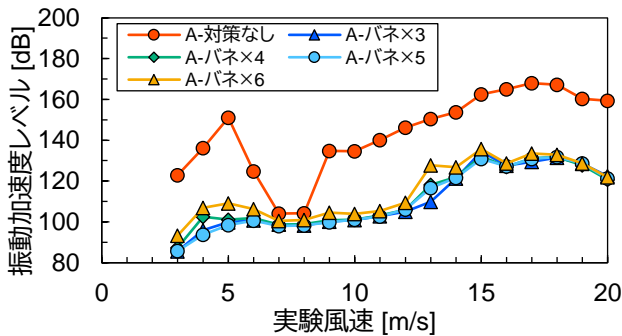


Fig. 16 振動加速度レベル測定結果 ばねの個数

Fig. 17, 18に風速13 m/sのときの音圧レベルおよび振動加速度レベルの周波数分析結果を示す。ばねの個数が6個の場合、音圧レベルでは230 Hz付近に大きなピークが表れていた。振動加速度レベルでは230 Hz付近に大きなピークがあり、650 Hz以上の高い周波数のときにピークを確認することができた。

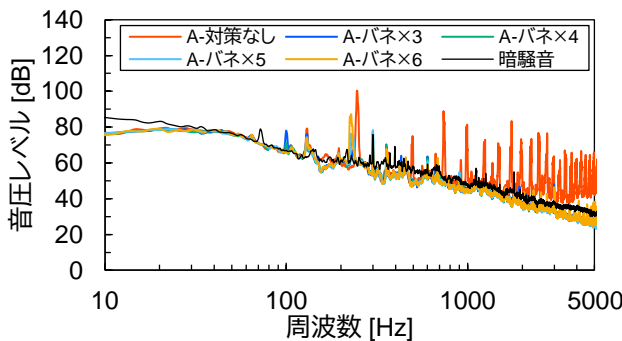


Fig. 17 音圧レベル周波数分析結果 風速13 m/s

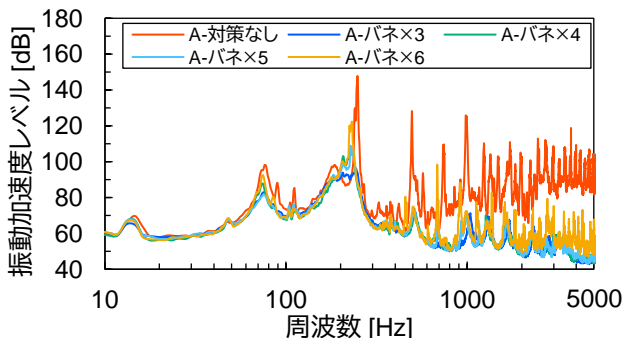


Fig. 18 振動加速度レベル周波数分析結果 風速13 m/s

インピーダンスレベルを Fig. 19, 減衰定数の推定結果を Table 8 に示す。1次固有振動数では、ばねの個数が増えるとインピーダンスレベルの落ち込みが大きくなっており、減衰定数が小さくなる傾向を示していた。2次固有振動数では、ばねが3個の場合に比べ4-6個の場合の減衰定数は大きくなっていったが、ばねが4個の場合をピークに個数を増やすと減衰定数が小さくなる傾向を示していた。3次固有振動数では、ばねが3個の場合が最も小さく、4-6個の場合は同程度の値であった。風鳴り音低減部材のばねを増やすことによって、手摺子と板材の固定度が増すため、振動低減効果が小さくなり、振動音が発生したと考えられる。

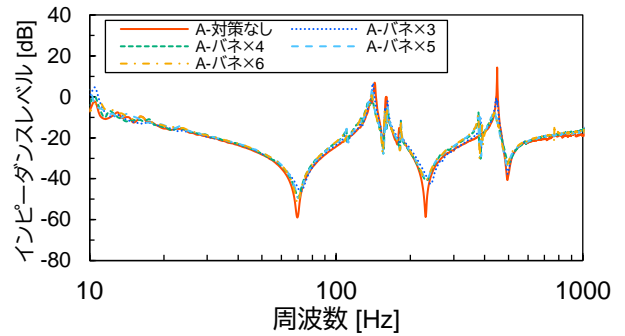


Fig. 19 インピーダンスレベル ばねの個数

Table 8 減衰定数推定結果 ばねの個数 (単位%)

手摺子	固有振動数		
	1次	2次	3次
A-対策なし	1.03	0.51	0.97
A-バネ×3	3.32	2.96	1.41
A-バネ×4	2.99	3.82	2.28
A-バネ×5	1.90	3.52	2.02
A-バネ×6	1.76	3.44	2.13

4. 4 ばねの種類に関する検討

風鳴り音低減部材のばねを圧縮コイルばねから軟質ウレタンフォーム（以下、ウレタンと略す）に変えて実験を行った。ウレタンは、15×15×30 mmの直方体に切り出し、コイルばねの場合と同様に両端とその間に等間隔に設置した。ウレタンの密度は25 kg/m³であった。試験体の概要を Table 9 に示す。挿入するウレタンの個数は3, 5, 9個とした。また、圧縮コイルばねの場合と比較するために、ばね定数0.5 N/mm, ばね3個の場合も併せて示す。風鳴り音低減部材の板の厚さはすべて0.5 mmとした。

Table 9 試験体概要 ばねの種類

試験体	手摺子	板材			ばね	
		厚さ [mm]	長さ [mm]	幅 [mm]	種類	個数
C-コイル×3	C	0.5	950	15	コイルばね	3
C-ウレタン×3	C	0.5	950	15	ウレタン	3
C-ウレタン×5	C	0.5	950	15	ウレタン	5
C-ウレタン×9	C	0.5	950	15	ウレタン	9

※1 コイルばねのばね定数は0.5 N/mm

※2 ウレタンの密度は25 kg/m³

※3 ウレタンの寸法はB×D×H=15×15×30 mm

Fig. 20, 21 に A 特性音圧レベル, 振動加速度レベルの測定結果を示す. すべての手摺子で風鳴り音低減部材を挿入することで, 振動音が低減されており, 聴感上振動音を確認できなかった. 振動加速度レベルは風速 8 m/s 付近でウレタンの個数 5, 9 個のときに若干大きかった.

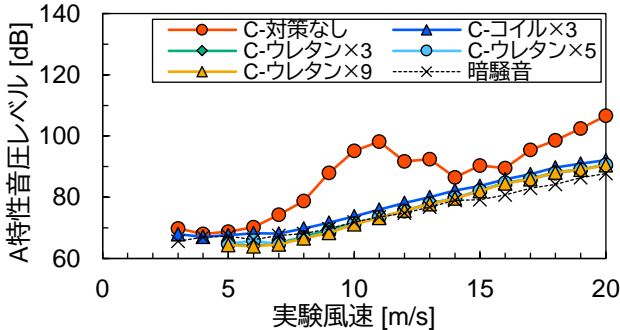


Fig. 20 A 特性音圧レベル測定結果 ばねの種類

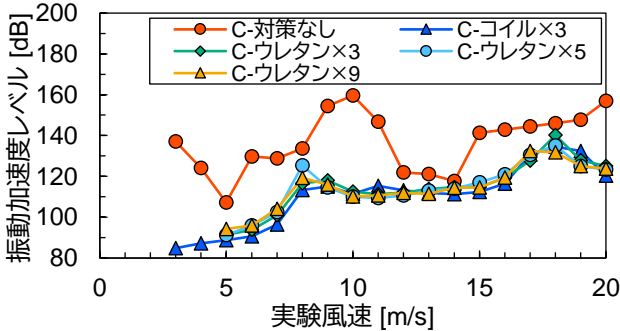


Fig. 21 振動加速度レベル測定結果 ばねの種類

インピーダンスレベルを Fig. 22, 減衰定数の推定結果を Table 10 に示す. 圧縮コイルばね 3 個とウレタン 3 個の減衰定数は同程度の値を示していた. 一方, ウレタンの個数を増やすと, 1, 2 次固有振動数の減衰定数が小さくなる傾向を示していた. ばねの個数を変化させたときと同様に個数を増やすことで手摺子と板材の固定度が増すため, 減衰定数が低下する傾向を示していた.

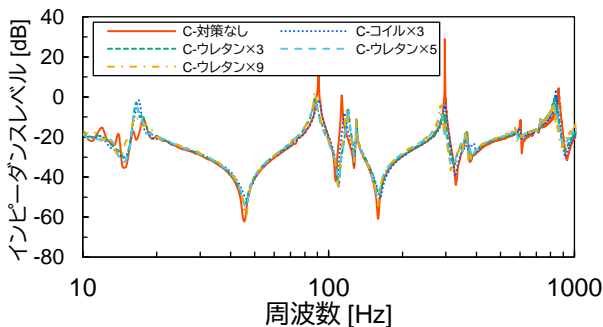


Fig. 22 インピーダンスレベル 手摺子 C ばねの種類

Table 10 減衰定数推定結果 ばねの種類

手摺子	固有振動数		
	1次	2次	3次
C-対策なし	1.21	0.57	0.77
C-コイル×3	2.97	1.58	1.13
C-ウレタン×3	2.13	1.98	1.00
C-ウレタン×5	1.68	1.57	1.35
C-ウレタン×9	1.21	0.92	1.49

4. 5 風向の変化に関する検討

実験風向を 15° 刻みで変化させ 0-45° の範囲で実験を行った. 試験体は「A-対策なし」の手摺子, 「A-バネ×4」の手摺子とした.

Fig. 23-26 に A 特性音圧レベルおよび振動加速度レベルの測定結果を示す.

A-対策なしでは, 風速 5, 6 m/s の場合は風向 0°, 15° で音圧レベル, 振動加速度レベルが大きかった. 風速 10-20 m/s の場合はいずれの風向においても音圧レベル, 振動加速度レベルが大きかった. また, 風向 0° に比べて風向 15°, 30° は音圧レベルが大きくなる風速が小さい傾向にあり, 振動加速度レベルは同程度の値であった. 風向 45° は風向 30° に比べて音圧レベル, 振動加速度は小さくなる傾向を示した.

A-バネ×4 では, 音圧レベルはいずれの風向, 風速で暗騒音とほぼ同じ値を示しており, 振動音も確認できなかった. 振動加速度レベルは風向 0° において他の風向より大きい値を示した.

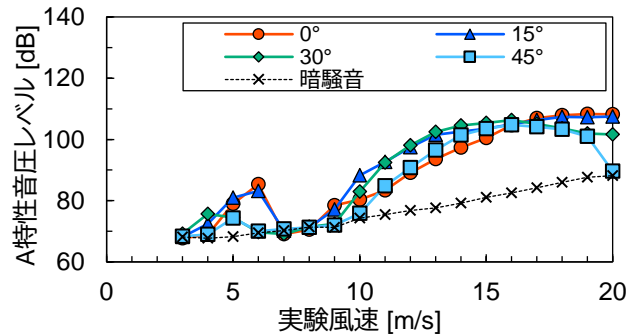


Fig. 23 A 特性音圧レベル測定結果 対策なし 風向の変化

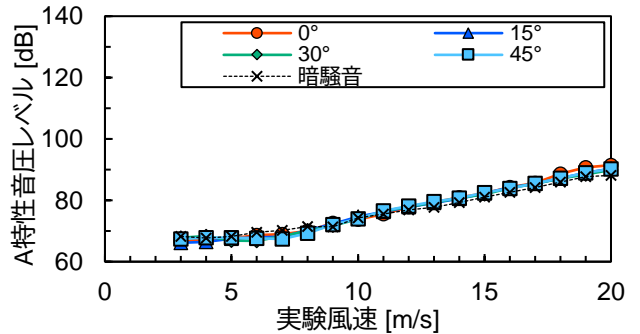


Fig. 24 A 特性音圧レベル測定結果 A-バネ×4 風向の変化

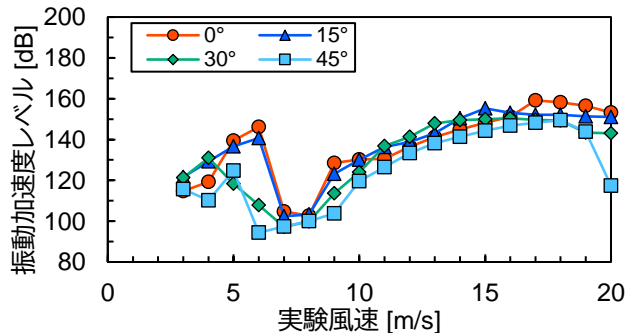


Fig. 25 振動加速度レベル測定結果 対策なし 風向の変化

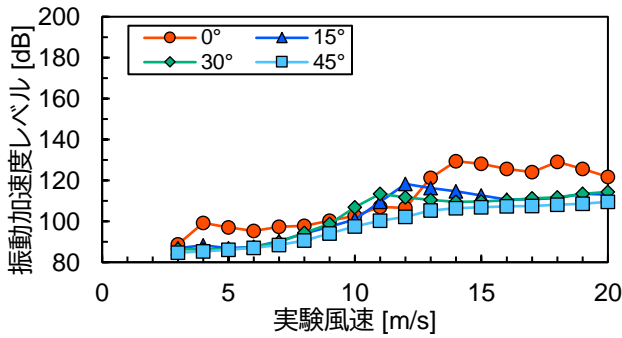


Fig. 26 振動加速度レベル測定結果 A-パネ×4 風向の変化

5. まとめ

本報では、風鳴り音低減部材の板材とばねの構成や種類に関して実験的検討を行った結果を報告した。

① 板材に関する検討

今回実験を行ったすべての試験体で厚さ 0.5 mm に比べ厚さ 1.0 mm の減衰定数が大きくなっていった。厚さ 0.5 mm より厚さ 1.0 mm のほうが大きな振動低減効果があると考えられる。

② ばねに関する検討

今回の実験の範囲では、ばね定数を大きくするまたはばねの個数を増やすと手摺子の減衰定数が小さくなる傾向を示していた。これは、手摺子と板材の固定度が高くなったためと考えられる。したがって、手摺子と板材の固定

度が高くなりすぎないように部材の選定が必要となると考えられる。なお、ばねの種類を変えた場合に風鳴り音低減効果に違いは見られなかった。

③ 風向の変化に関する検討

音圧レベルはいずれの風向、風速で暗騒音とほぼ同じ値を示しており、振動音も確認できなかった。振動加速度レベルは風向 0° において他の風向より大きい値を示した。

今後、各種パラメーターに関する検討や施工性の向上に関する検討を行っていく予定である。

参考文献

- 1) 西村宏昭：中空建築部材の風振動の防止について，日本風工学会誌，第 63 号，pp.95-96，1995.4
- 2) 義江龍一郎ほか：風鳴り音が発生しないアルミ製バルコニー手摺りの開発，前田建設技術研究所報告，pp.79-86，1999.9
- 3) 鰐淵憲昭ほか：風振動を防止するアルミ製手摺の性能について，日本建築学会大会学術講演梗概集 D-I，pp.173-174，2007.8
- 4) 吉川優ほか：格子部材の風振動音低減手法に関する研究 その 1 風洞実験による性能検証，日本建築学会大会学術講演梗概集，pp.319-320，2022.9
- 5) 黒木拓ほか：横棧を用いた縦格子手摺の風鳴り音対策に関する実験的検討，日本音響学会講演論文集，pp.623-626，2023.9
- 6) 加藤優輝ほか：景観を考慮した縦格子手摺の風鳴り音対策技術の開発，日本建築学会大会学術講演梗概集，pp.396-397，2022.9
- 7) 黒木拓ほか：意匠性を考慮した縦格子手摺の風鳴り音対策技術に関する実験的検討，騒音・振動研究会資料，2023.3

Study on technology for reducing wind noise generated by vertical balustrades without affecting their appearance

Yuki KATOH, Taku KUROKI and Masanao OWAKI

Abstract

In apartment buildings, railings are installed on the balconies and rooftops. Building corners and rooftops tend to be subject to constant wind. As wind blows between the balusters, vertical balustrades generate noise; residents sometimes complain about this noise. As to the vibration sound, in particular, the vibration of balusters is transmitted to the building structure and emitted in rooms far from the balustrade due to solid propagation. The authors have developed a wind noise reduction technology using plates and springs for vertical balustrades, which makes it possible to reduce vibration sound without affecting their appearance. This report shows that it is effective for wind noise reduction not to fasten the wind noise reduction members to the balusters too firmly.

Key words: Vertical balustrade, wind noise, aerodynamic vibration