

船内騒音対策効果の検証に関する 研究開発

一般財団法人日本海事協会
函館どつく株式会社 内海造船株式会社
尾道造船株式会社 株式会社名村造船所
サノヤス造船株式会社 株式会社新来島どつく
今治造船株式会社 佐世保重工業株式会社
株式会社大島造船所 常石造船株式会社
東海大学

2016年4月

1. はじめに
2. 本研究開発の目的
3. 新騒音規定の概要
4. 試験体仕様
5. 振動及び音響特性試験
 - 5.1 試験手順
 - 5.2 試験結果
6. 振動減衰特性試験
 - 6.1 試験手順
 - 6.2 試験結果
7. 実船実験
 - 7.1 試験手順
 - 7.2 試験結果
8. まとめ

1. はじめに

1. はじめに

背景

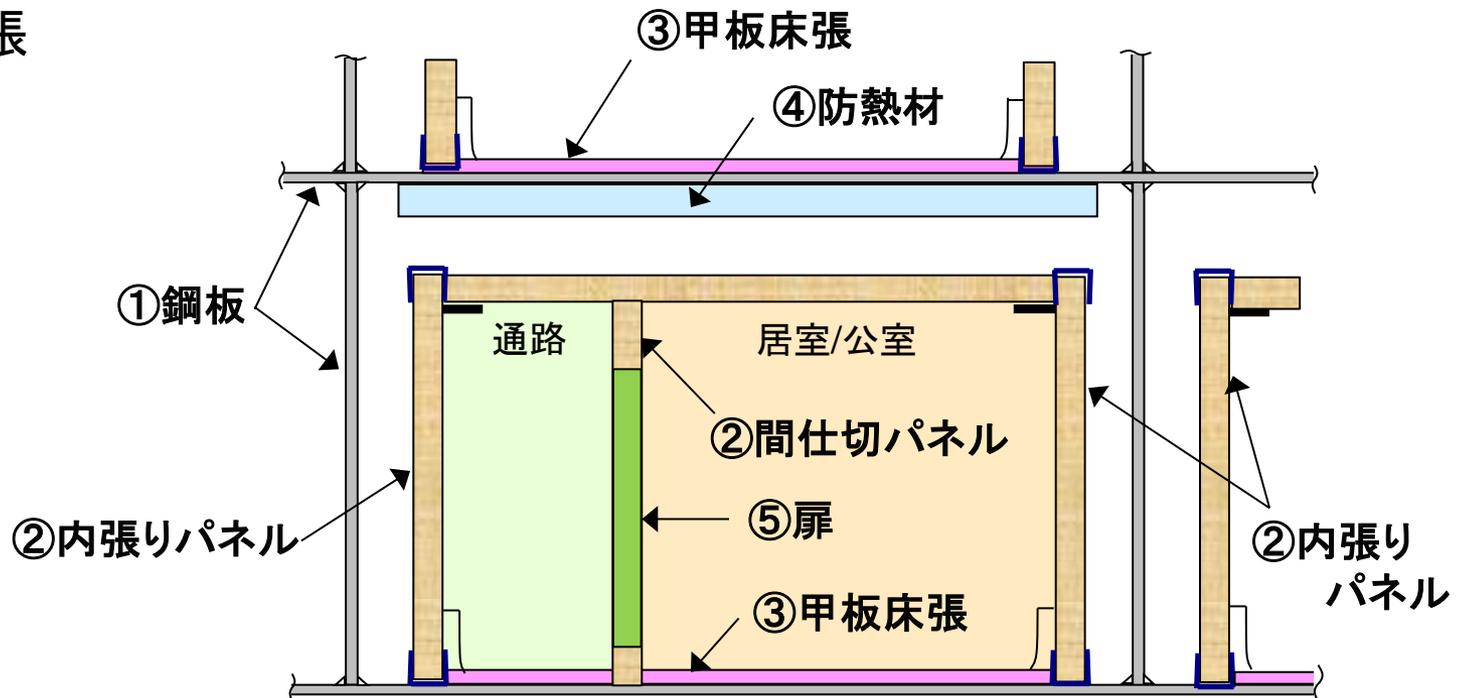
- 2007年10月のIMO第83回海上安全委員会(MSC83)にて、従来の勧告騒音規定(Res.A.468(XII))を強化かつ義務化すべきとの欧州共同提案があり、その後日本も含めた関係国間での見通し協議を経て、2012年11月のMSC91において正式に採択された新騒音規定は、1,600GT以上の新造船において以下のいずれかに該当する船舶に適用される。
- 新騒音規定では、各区画の騒音レベル基準値や船員の騒音暴露限界とともに、第6章で居住区域の仕切り材(隔壁、甲板)の遮音性能についても重み付き音響透過損失(R_w)が規定される。
- 仕切り材の遮音性能については、規定で定められた試験方法で計測する必要がある。

1. はじめに

仕切り材(隔壁、甲板)

➤ 遮音性能が要求される居住区域の仕切り材は一般的に以下の材料により構成される。

- ① 鋼板(隔壁、甲板)
- ② 間仕切、又は内張りパネル
- ③ 甲板床張
- ④ 防熱材
- ⑤ 扉



1. はじめに

課題

- 従来、内張・間仕切パネル材については製造者が遮音性能のデータを一般的に持っている。

しかし、他の材料については特に遮音性能が問題にされていない、鋼板等との組合せで仕切り材が構成され材料単独での遮音試験ができないこと等から、業界として性能データがなく、新規則に対応できないものが多い。

- 仕切り材の各構成材料について、遮音性能の計測に関しては以下が課題になっており、業界の取り組みが必要。
 - 具体的な試験方法や各製品の設置方法など試験取扱の明確化
 - ベースとなる鋼板や材料を組み合わせた構造(甲板床張等)の試験取扱
 - メーカーが規則要求を満たす製品を開発するにあたり、目安となる既存材料の遮音性能データ

2. 本研究開発の目的

2. 本研究開発の目的

➤ 本研究では、仕切り材(床材)の振動及び音響特性について、以下を実施し、防音材の適切な選択に寄与することを目的とする。

① 床材の防音特性等の調査

- 実験室で既存の鋼板、床材の振動及び音響特性試験を行い、重み付き音響透過損失(R_w)等を確認する。
- また、上記試験で得た振動特性と音響特性を分析するために短冊試験(振動減衰特性試験)で損失係数を測定する。

② 実船との比較

- 実験室の結果と比較し、実船での効果を把握する。

3. 新騒音規定の概要

3. 新騒音規定の概要

次のとおり第1章から第7章までの本文と付録1から付録4で構成される。

第1章 総則

第2章 計測装置

第3章 計測条件

第4章 騒音レベル基準値

第5章 騒音暴露限界

第6章 居住区画の遮音

第7章 耳保護具の要件及び警告表示

付録1 騒音調査報告書の書式

付録2 騒音問題の安全管理システムへの統合に関するガイダンス

付録3 損音減衰の推奨方法

付録4 騒音暴露を決定するための簡易手法

以下の項目は勧告扱いで非強制の項目となる。

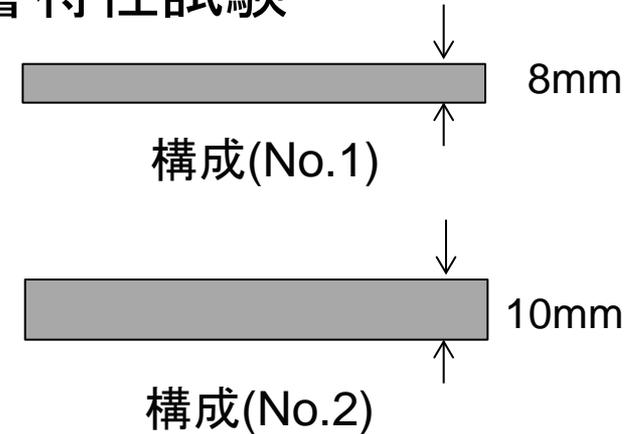
1.3.2項、1.3.3項、3.4.2項、3.4.3項、5章、6.3項、7.3項、付録2,3,4

4. 試験体仕様

4. 試験体仕様

➤ 床に使用する鋼板単体の振動及び音響特性試験

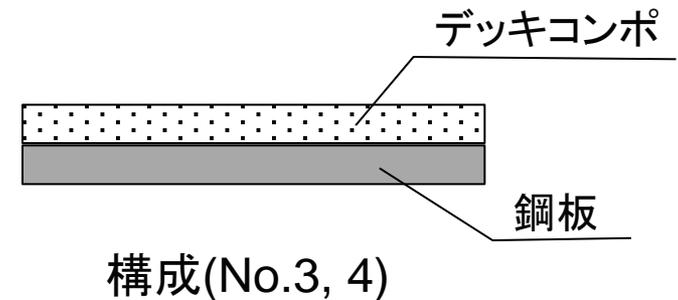
1	鋼板(8mm)
2	鋼板(10mm)



➤ 甲板床材を施工した鋼板の振動及び音響特性試験

① 鋼板＋デッキコンポ

3	鋼板(8mm)+デッキコンポ(8mm)
4	鋼板(10mm)+デッキコンポ(8mm)

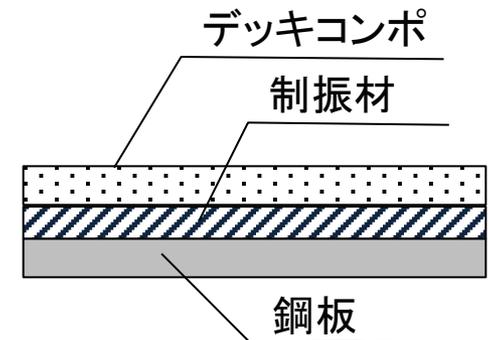


4. 試験体仕様

➤ 甲板床材を施工した鋼板の振動及び音響特性試験

② 鋼板＋制振材

5	鋼板(8mm)+制振材A(6.8mm) +デッキコンポ(8mm)
6	鋼板(8mm)+制振材B(15.6mm) +デッキコンポ(8mm)
7	鋼板(8mm)+制振材C(1.3mm) +デッキコンポ(8mm)
8	鋼板(8mm)+制振材D(2mm) +デッキコンポ(8mm)
9	鋼板(8mm)+制振材E(4.7mm) +デッキコンポ(8mm)



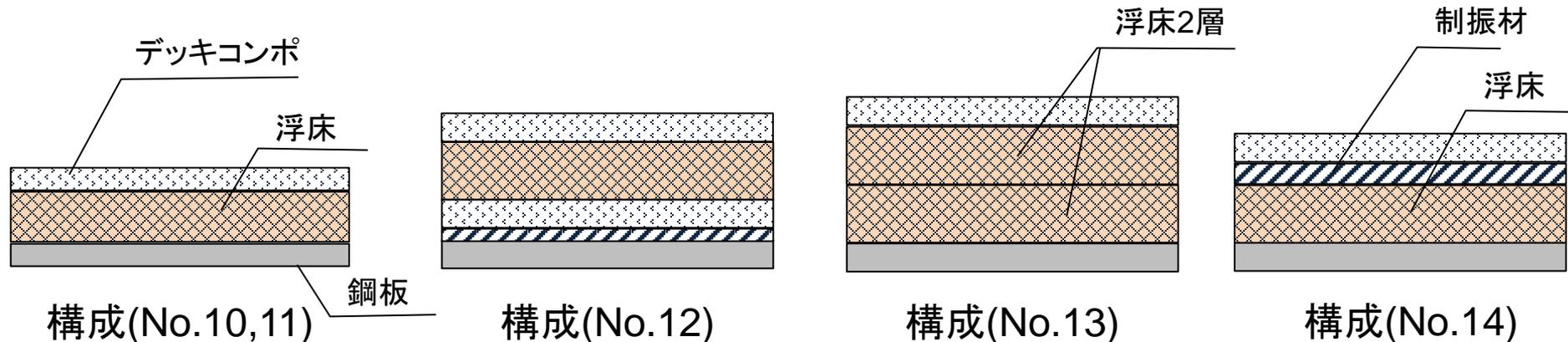
構成(No.5～9)

4. 試験体仕様

➤ 甲板床材を施工した鋼板の振動及び音響特性試験

③ 鋼板＋浮床

10	鋼板(8mm)+浮床A(37.3mm)+デッキコンポ(8mm)
11	鋼板(8mm)+浮床B(53.2mm)+デッキコンポ(8mm)
12	鋼板(8mm)+制振材D(2mm)+デッキコンポ(8mm)+浮床B(53.2mm)+デッキコンポ(8mm)
13	鋼板(8mm)+浮床B(2層)(106.4mm)+デッキコンポ(8mm)
14	鋼板(8mm)+浮床B(53.2mm)+制振材D(2mm)+デッキコンポ(8mm)

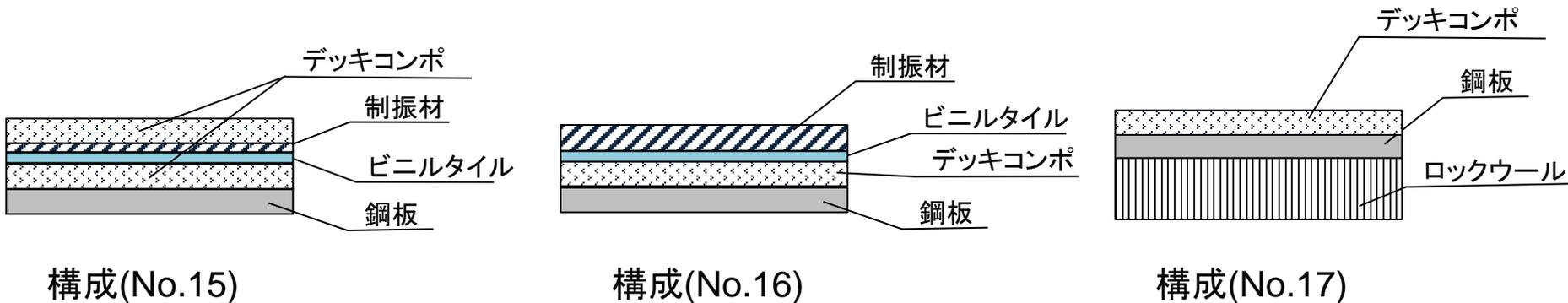


4. 試験体仕様

➤ 甲板床材を施工した鋼板の振動及び音響特性試験

④事後対策※

15	鋼板(8mm)+デッキコンポ(8mm)+ビニルタイル(2mm) +制振材C(1.3mm)+デッキコンポ(8mm)
16	鋼板(8mm)+デッキコンポ(8mm)+ビニルタイル(2mm) +制振材D(2mm)+デッキコンポ(8mm)
17	裏面ロックウール(40mm)+鋼板(8mm)+デッキコンポ(8mm)



※海上試運転で規制値を超えた場合に、海上試運転後に防音施工する事を考慮した対策

5. 振動及び音響特性試験(実験室)

5. 1 試験手順

- 実験室において試験材料の空気伝搬音と固体伝搬音の対策効果を評価するパラメータを求めた。
- 試験体
 - 鋼板寸法※: 2,700mm × 2,400mm × 厚さ8mm, 10mm
 - 試験体仕様: No.1~17
- 試験条件
 - 試験体数: 各1体
 - 周波数: 100Hz~5,000Hz
 - 温度条件: 常温
- 試験方法
 - 音響透過損失: ISO717-1:1996(試験規格), ISO10140-2:2010(設備規格)
 - 固体伝搬音: 試験規格なし, ISO10140-2:2010(受音室設備規格)
- 試験所
 - 一般財団法人 日本建築総合試験所

※試験体寸法・試験条件は、遮音材認定試験条件ではなく、本研究開発で定めたものである

5. 1 試験手順

➤ 音響透過損失

- 仕切り材に入射する音がどれだけ遮音したかを示す値
- 音響透過損失(TL)は下式で求められる。

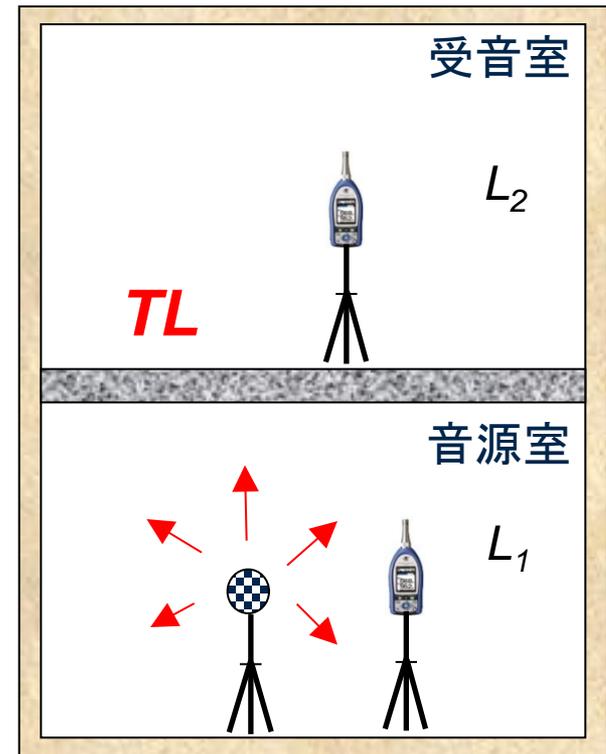
$$TL=L_1-L_2+10\log_{10}(S/A) \quad [dB]$$

L_1 : 音源室の平均音圧レベル [dB]

L_2 : 受音室の平均音圧レベル [dB]

S : 試験体(透過部)の面積 [m^2]

A : 受音室の等価吸音面積 [m^2]



5. 1 試験手順

➤ 質量則

- 透過損失は遮音材料の質量(面密度)と周波数の積の対数に比例する
- これを質量則と言い、透過損失(TL_m)は下式が用いられることが多い

$$TL_m = 18 \log_{10} f \cdot m - 44 \quad [dB]$$

f : 周波数 [Hz]

m : 面密度 [kg/m^2]

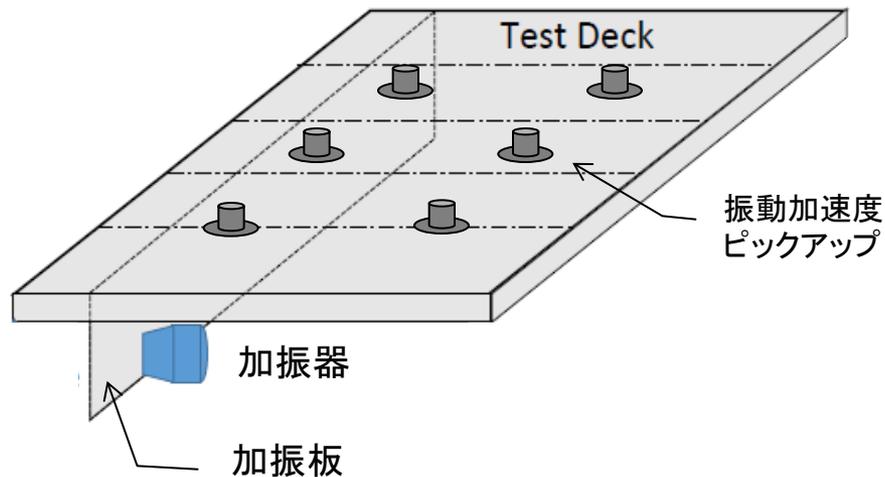
※面密度又は周波数が2倍になれば、 TL_m は5.4dB増加する

※NK「船舶騒音防止指針」P47を参考とした

5. 1 試験手順

➤ 固体伝搬音の試験

- ① 試験体から試験設備に伝搬する振動パワーを小さくするよう設置する
- ② 慣性型加振器で試験体(鋼板部)を加振する
- ③ 試験体の振動加速度を測定する
- ④ 床面から放射される音響パワーを測定する

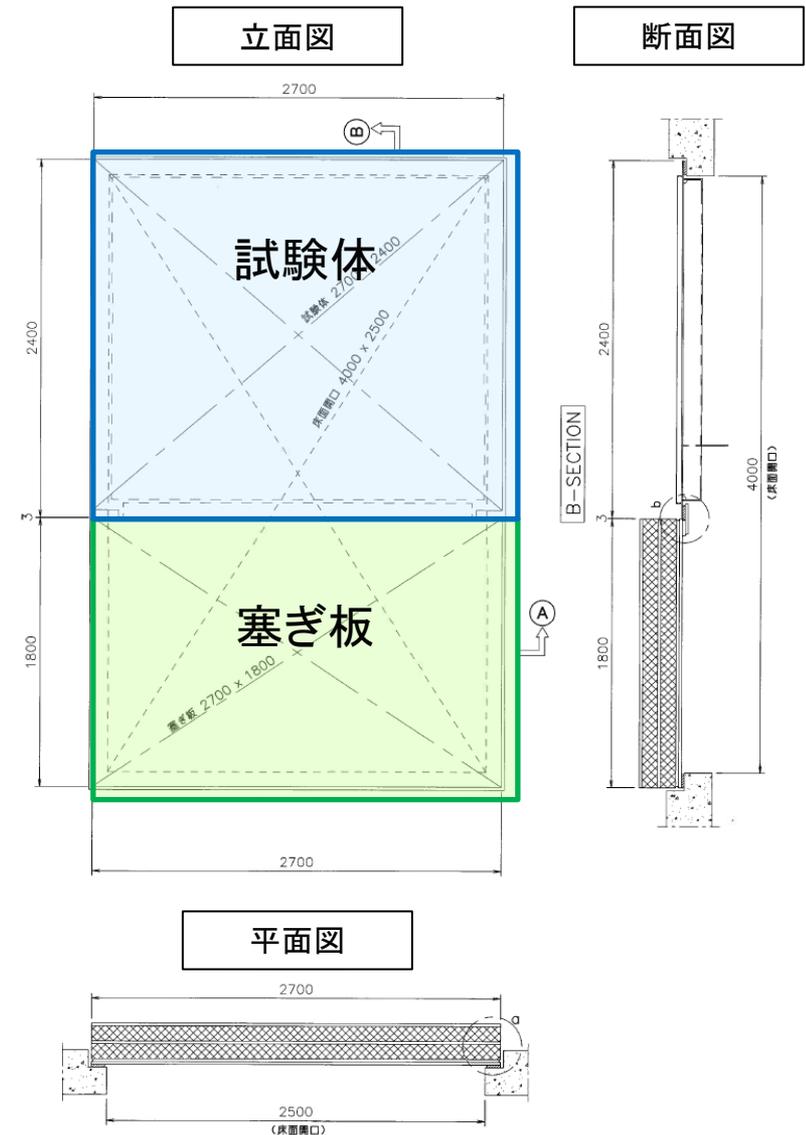
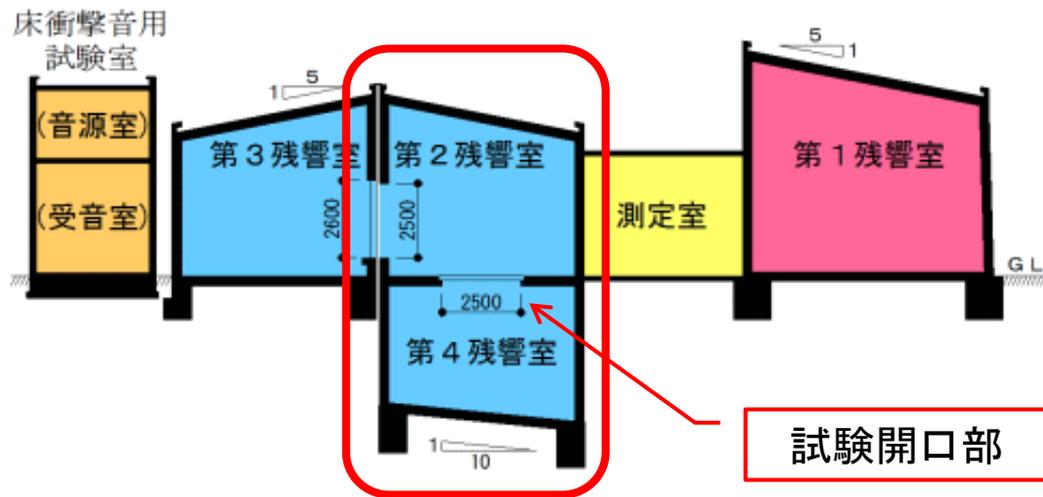


床試験体	寸法
鋼板	2700 × 2400mm
スチフナ	125 × 75 × 7mm
加振板	2700 × 300 × 9mm

5. 1 試験手順

➤ 試験体の設置

- 試験体寸法は、運送及び搬入作業を考慮して、2,700×2,400mmとした
- 塞ぎ板2,700×1,800mmを設け、試験設備の試験開口部を塞いだ



5. 1 試験手順

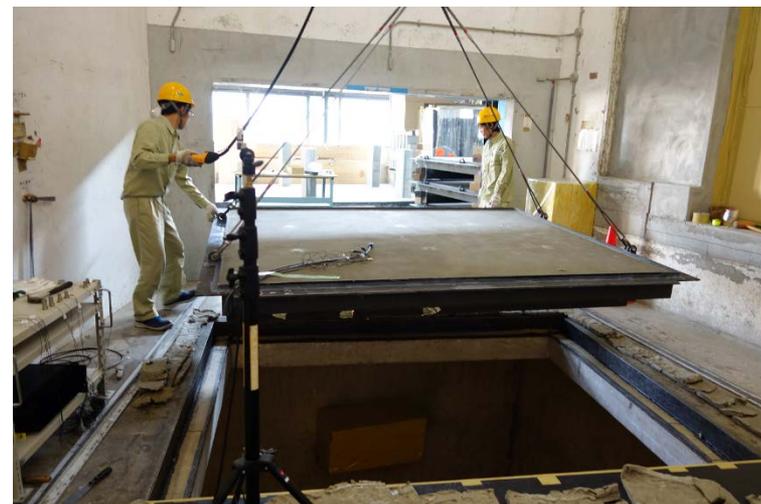
➤ 試験体の設置



試験設備の受音室(残響室)



試験設備の開口部, 音源室(地下)

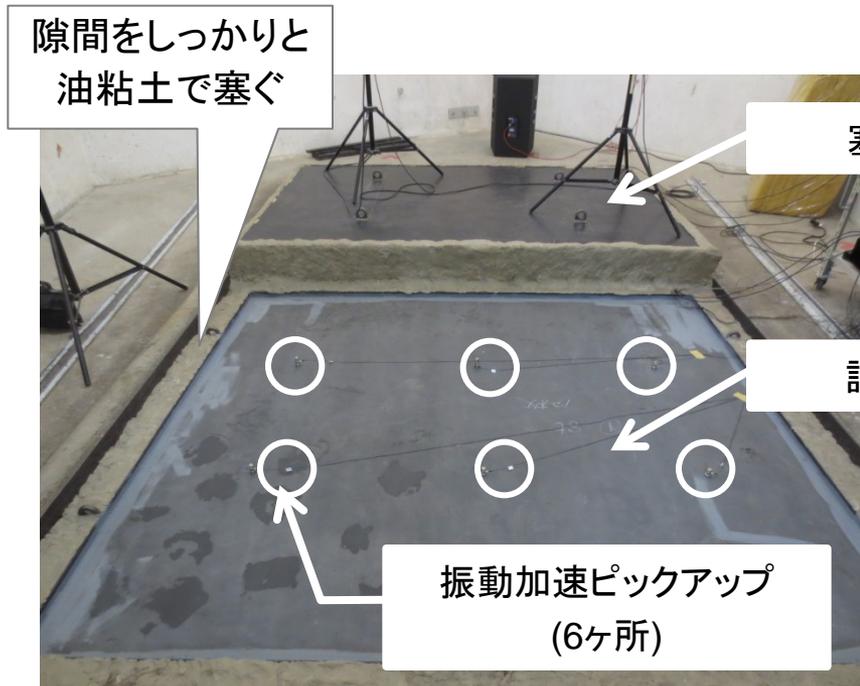


試験体の設置状況

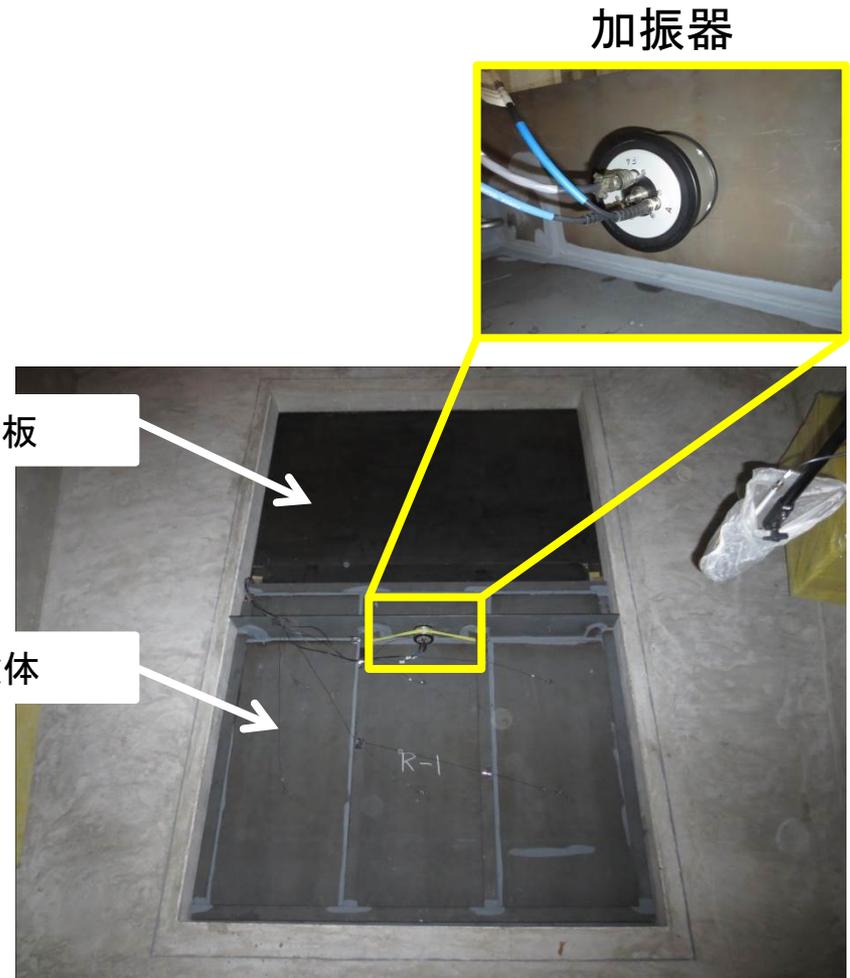
5. 1 試験手順

➤ 試験体の設置

例：鋼板単体



試験室内設置状況(受信室側)

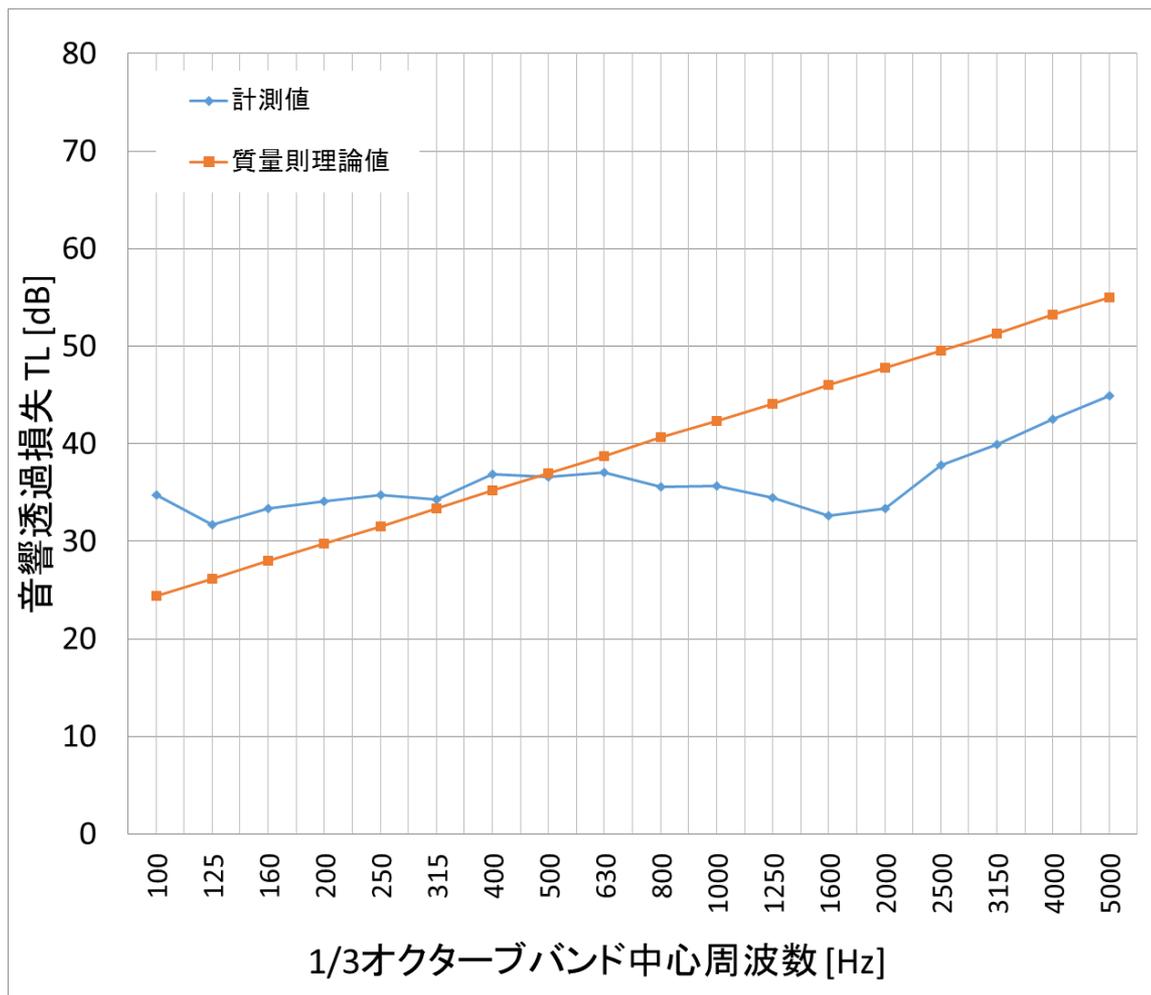


試験室内設置状況(音源室側)

➤ 5.2.1 鋼板単体 鋼板(8mm)

重み付き音響透過損失 $R_w=35$

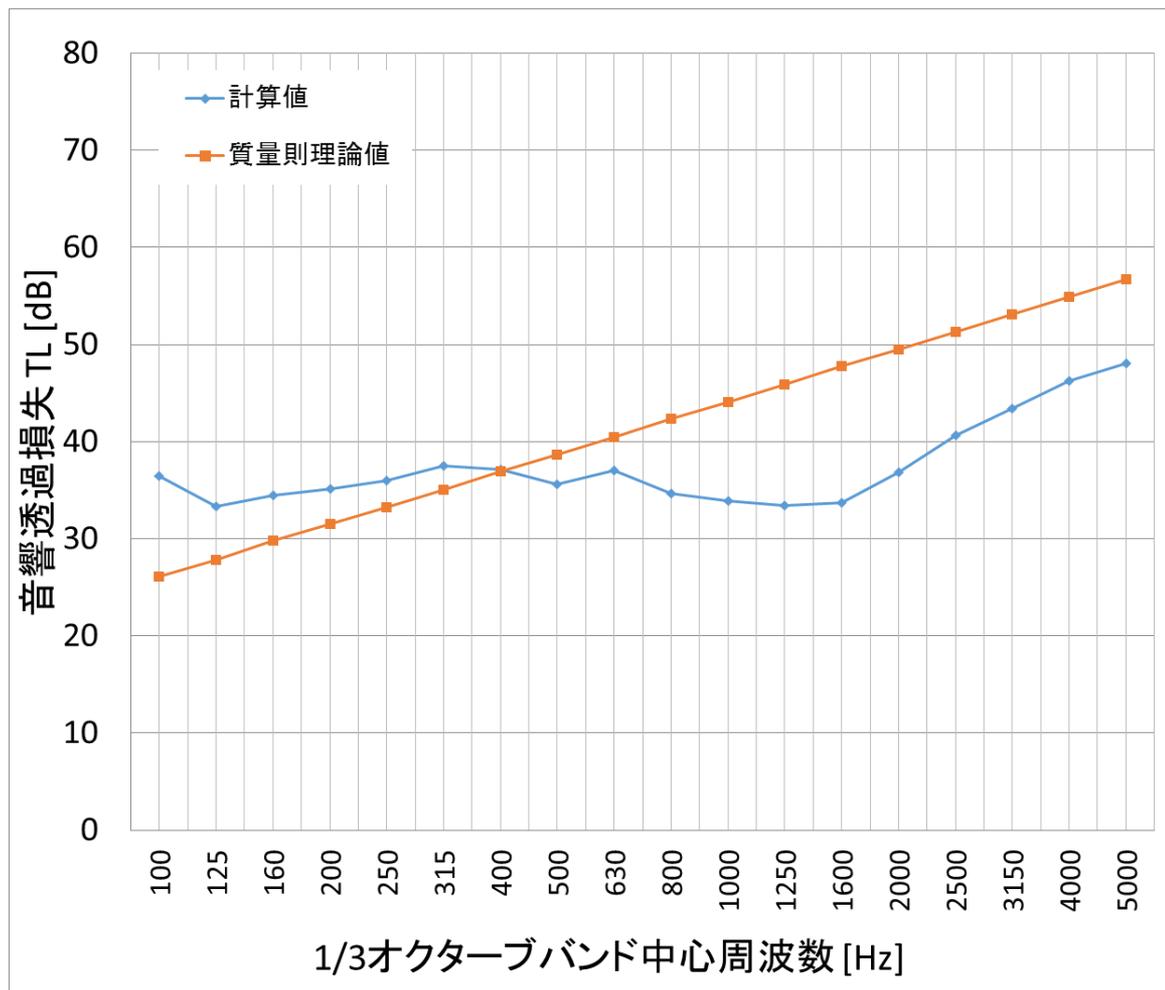
1/3Oct.周波数(Hz)	透過損失(dB)
100	34.7
125	31.7
160	33.4
200	34.1
250	34.7
315	34.3
400	36.9
500	36.6
630	37.1
800	35.6
1,000	35.7
1,250	34.5
1,600	32.6
2,000	33.4
2,500	37.8
3,150	39.9
4,000	42.5
5,000	44.9



➤ 5.2.2 鋼板単体 鋼板(10mm)

重み付き音響透過損失 $R_w=36$

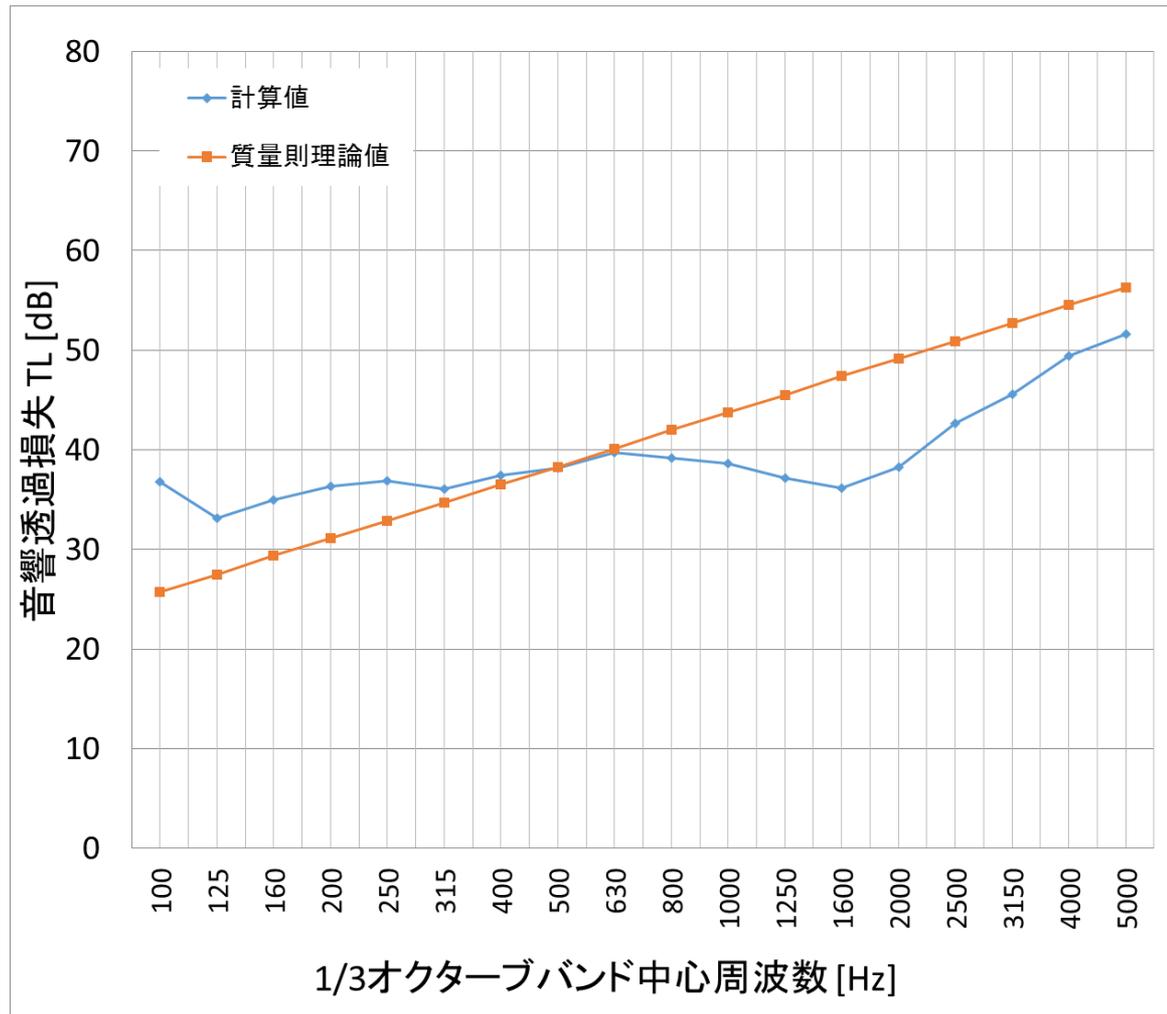
1/3Oct.周波数(Hz)	透過損失(dB)
100	36.5
125	33.3
160	34.5
200	35.1
250	36.0
315	37.5
400	37.1
500	35.6
630	37.0
800	34.7
1,000	33.9
1,250	33.4
1,600	33.7
2,000	36.8
2,500	40.6
3,150	43.4
4,000	46.3
5,000	48.1



➤ 5.2.3 鋼板(8mm)+デッキコンポ(8mm)

重み付き音響透過損失 $R_w=39$

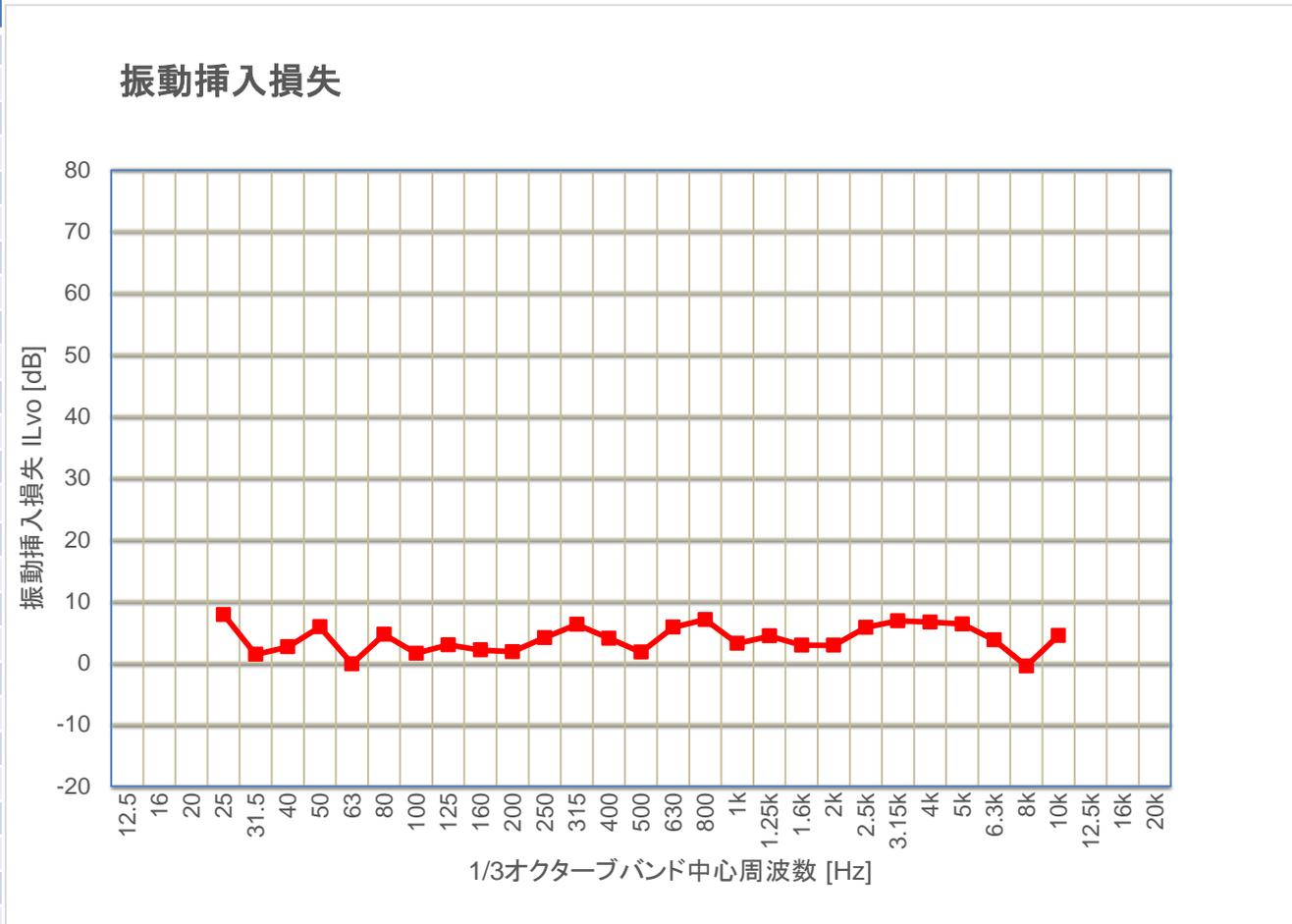
1/3Oct.周波数(Hz)	透過損失(dB)
100	36.8
125	33.1
160	35.0
200	36.3
250	36.9
315	36.1
400	37.4
500	38.2
630	39.7
800	39.2
1,000	38.6
1,250	37.2
1,600	36.2
2,000	38.3
2,500	42.7
3,150	45.6
4,000	49.4
5,000	51.6



5.2 振動及び音響特性試験 試験結果

➤ 5.2.3 鋼板(8mm)+デッキコンポ(8mm)

1/3Oct.周波数(Hz)	振動挿入損失(dB)
25	7.8
31.5	1.4
40	2.6
50	5.9
63	-0.1
80	4.6
100	1.6
125	3.0
160	2.1
200	1.8
250	4.1
315	6.3
400	4.0
500	1.8
630	5.8
800	7.1
1,000	3.2
1,250	4.4
1,600	2.9
2,000	2.9
2,500	5.8
3,150	6.8
4,000	6.6
5,000	6.3
6,300	3.7
8,000	-0.5
10,000	4.5

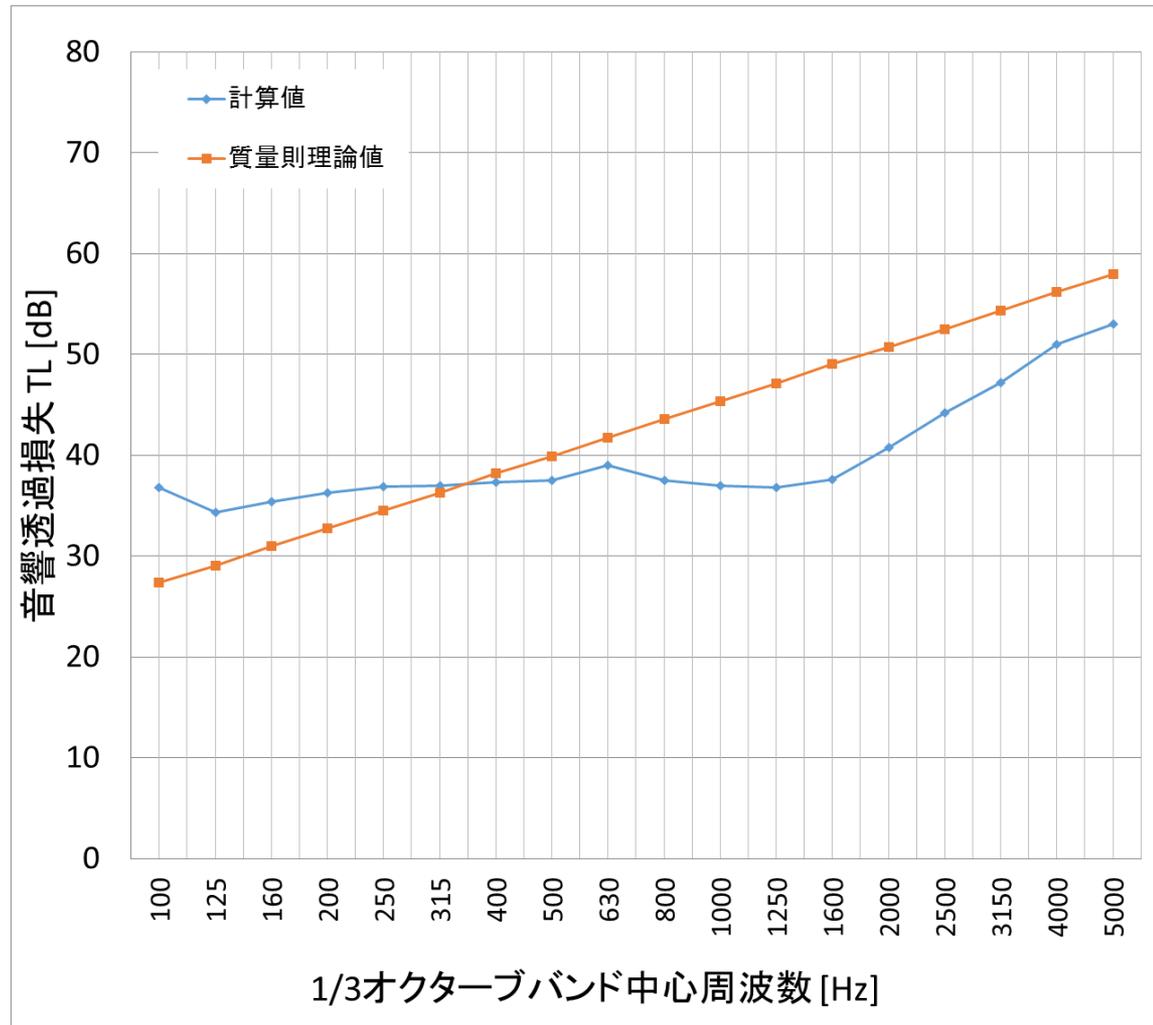


5.2 振動及び音響特性試験 試験結果

➤ 5.2.4 鋼板(10mm)+デッキコンポ(8mm)

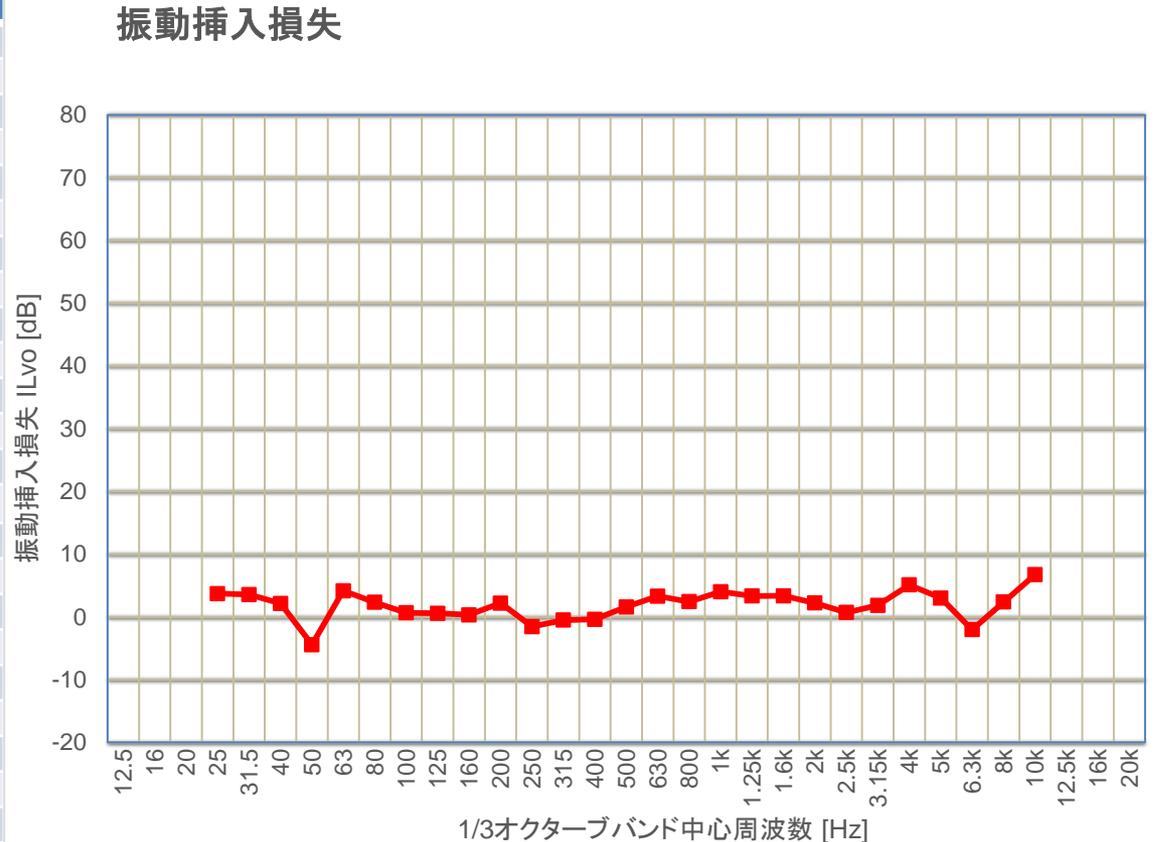
重み付き音響透過損失 $R_w=39$

1/3Oct.周波数(Hz)	透過損失(dB)
100	36.8
125	34.3
160	35.4
200	36.3
250	36.9
315	37.0
400	37.3
500	37.5
630	39.0
800	37.5
1,000	37.0
1,250	36.8
1,600	37.6
2,000	40.8
2,500	44.2
3,150	47.2
4,000	51.0
5,000	53.0



➤ 5.2.4 鋼板(10mm)+デッキコンポ(8mm)

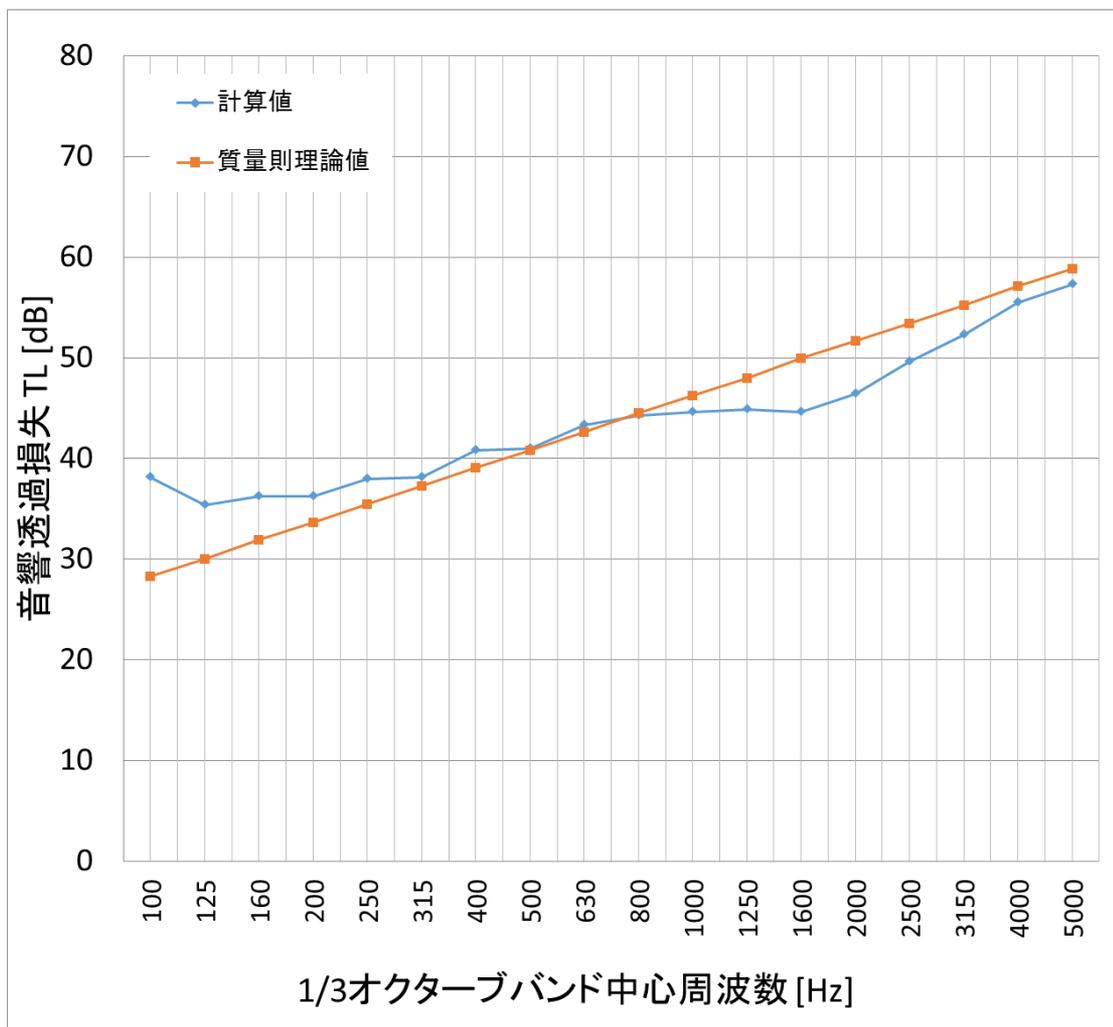
1/3Oct.周波数(Hz)	振動挿入損失(dB)
25	3.7
31.5	3.5
40	2.2
50	-4.4
63	4.2
80	2.3
100	0.7
125	0.6
160	0.3
200	2.2
250	-1.6
315	-0.5
400	-0.4
500	1.6
630	3.3
800	2.4
1,000	4.0
1,250	3.3
1,600	3.4
2,000	2.2
2,500	0.7
3,150	1.8
4,000	5.1
5,000	3.0
6,300	-2.0
8,000	2.4
10,000	6.7



➤ 5.2.5 鋼板(8mm)+制振材A(6.8mm)+デッキコンポ(8mm)

重み付き音響透過損失 $R_w=45$

1/3Oct.周波数(Hz)	透過損失(dB)
100	38.1
125	35.4
160	36.2
200	36.2
250	38.0
315	38.1
400	40.8
500	41.0
630	43.3
800	44.3
1,000	44.6
1,250	44.9
1,600	44.6
2,000	46.4
2,500	49.6
3,150	52.3
4,000	55.5
5,000	57.3



➤ 5.2.5 鋼板(8mm)+制振材A(6.8mm)+デッキコンポ(8mm)

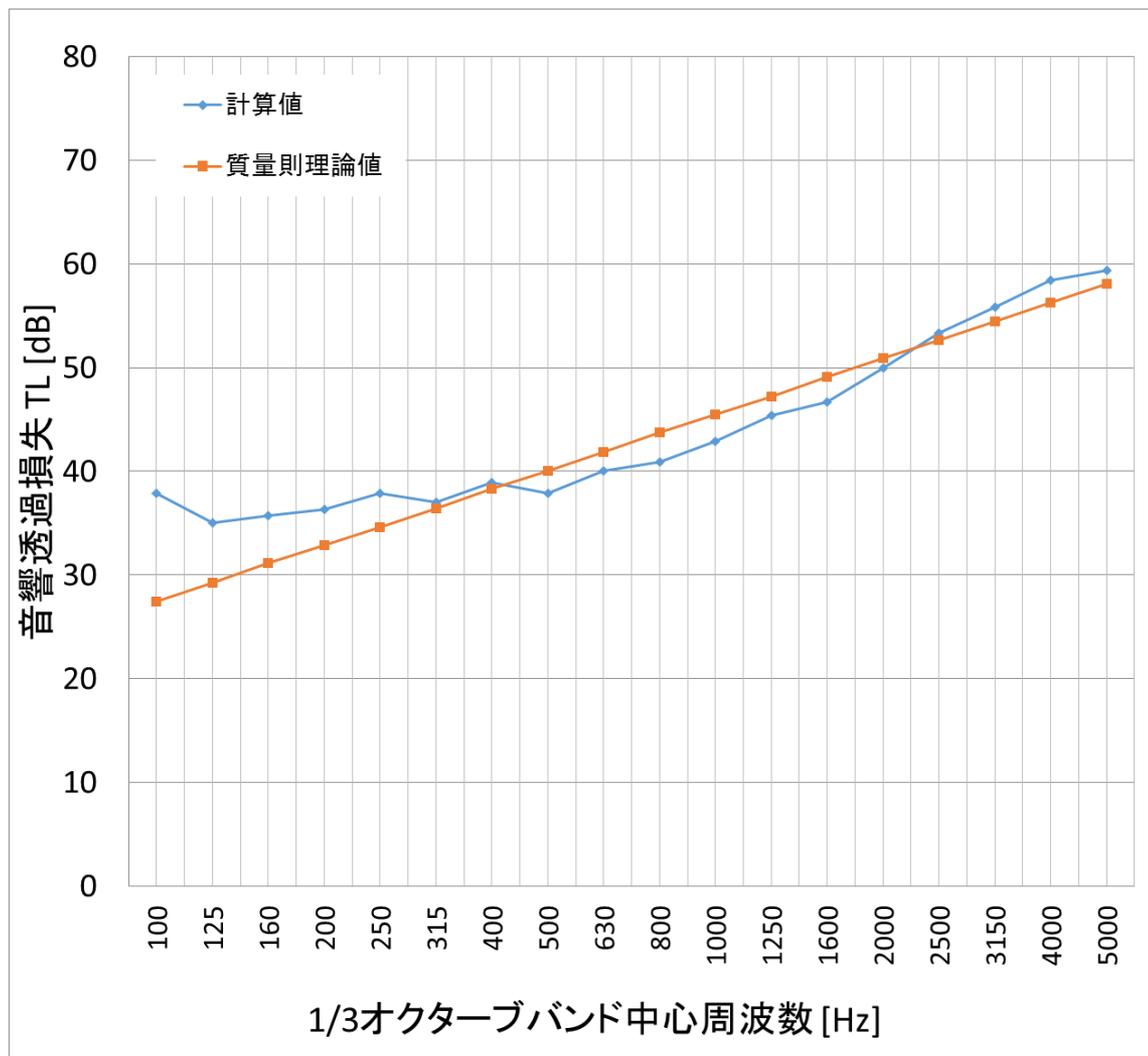
1/3Oct.周波数(Hz)	振動挿入損失(dB)
25	20.0
31.5	13.7
40	6.0
50	10.0
63	17.6
80	15.3
100	14.3
125	7.3
160	12.3
200	7.8
250	10.4
315	12.3
400	14.8
500	12.2
630	17.3
800	17.7
1,000	12.5
1,250	11.8
1,600	11.6
2,000	13.0
2,500	14.3
3,150	18.2
4,000	15.3
5,000	14.5
6,300	12.3
8,000	16.2
10,000	21.1



➤ 5.2.6 鋼板(8mm)+制振材B(15.6mm)+デッキコンポ(8mm)

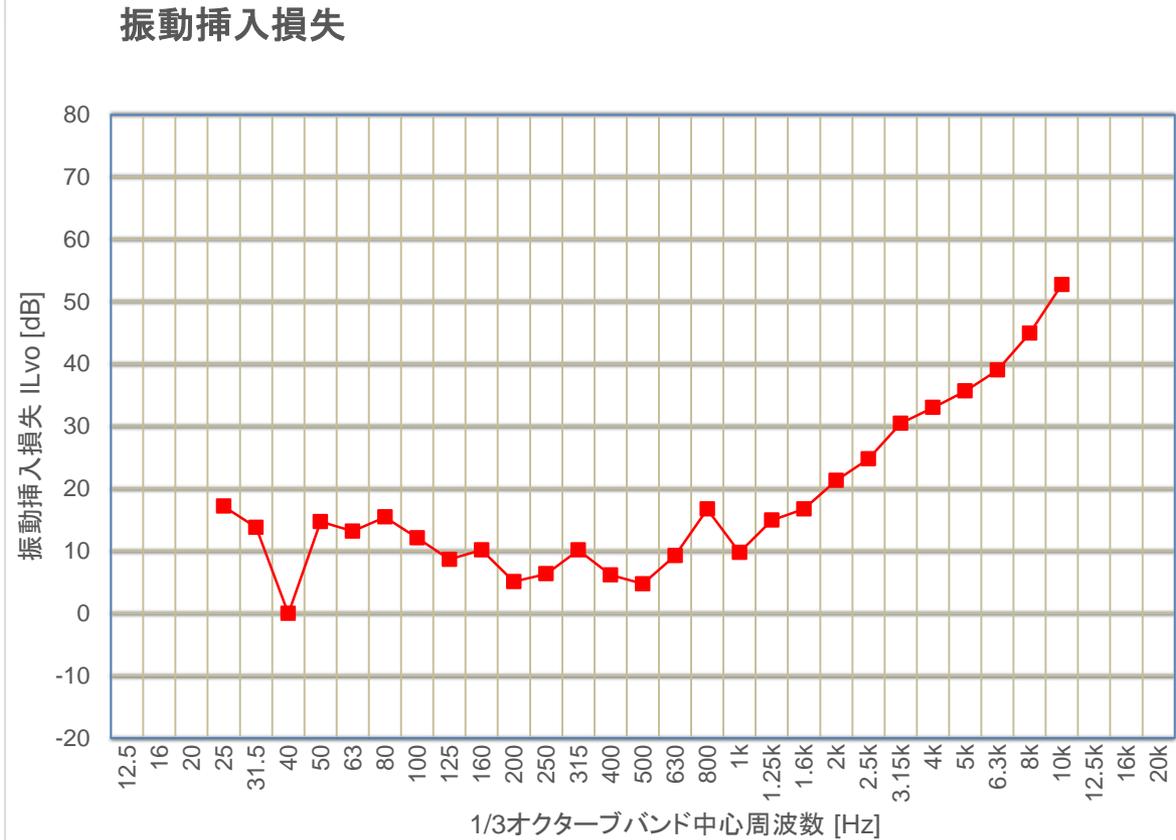
重み付き音響透過損失 $R_w=44$

1/3Oct.周波数(Hz)	透過損失(dB)
100	37.9
125	35.0
160	35.7
200	36.3
250	37.9
315	37.0
400	38.9
500	37.9
630	40.0
800	40.9
1,000	42.9
1,250	45.4
1,600	46.7
2,000	50.0
2,500	53.3
3,150	55.8
4,000	58.4
5,000	59.4



➤ 5.2.6 鋼板(8mm)+制振材B(15.6mm)+デッキコンポ°(8mm)

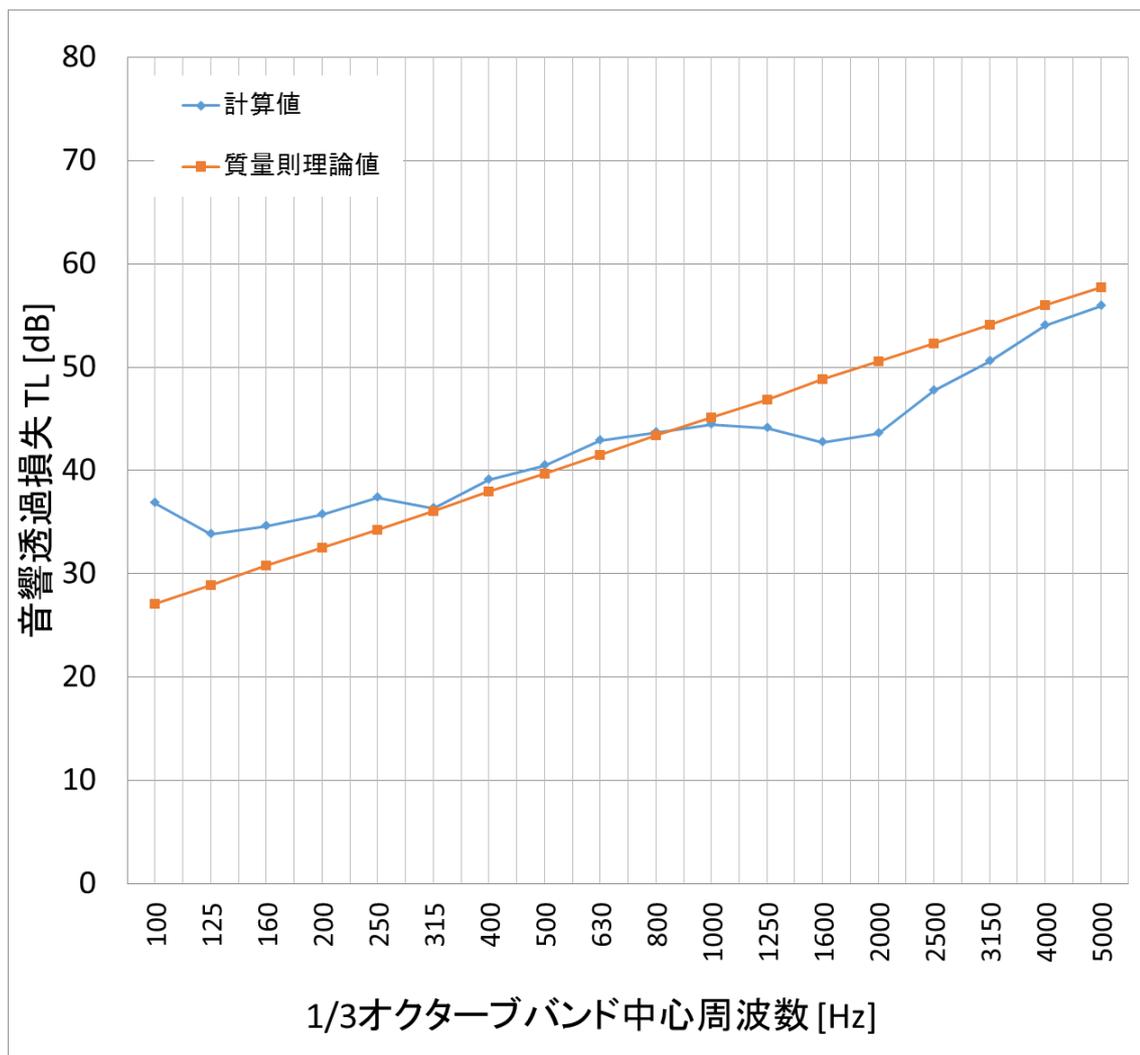
1/3Oct.周波数(Hz)	振動挿入損失(dB)
25	17.2
31.5	13.8
40	-0.0
50	14.7
63	13.2
80	15.5
100	12.1
125	8.7
160	10.2
200	5.1
250	6.3
315	10.2
400	6.2
500	4.7
630	9.3
800	16.7
1,000	9.8
1,250	14.9
1,600	16.8
2,000	21.4
2,500	24.8
3,150	30.5
4,000	33.0
5,000	35.7
6,300	39.0
8,000	44.9
10,000	52.7



➤ 5.2.7 鋼板(8mm)+制振材C(1.3mm)+デッキコンポ(8mm)

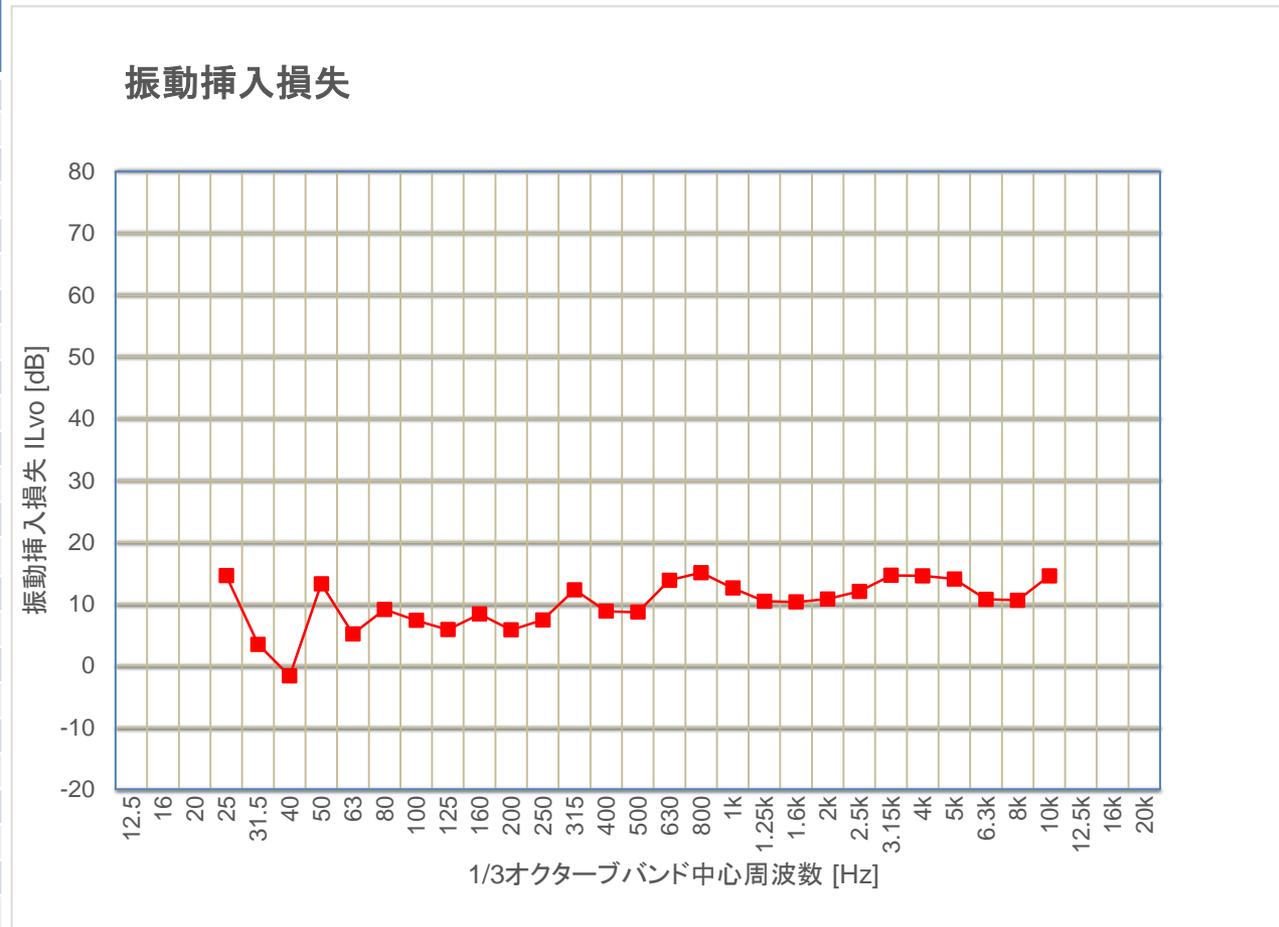
重み付き音響透過損失 $R_w=44$

1/3Oct.周波数(Hz)	透過損失(dB)
100	36.8
125	33.8
160	34.6
200	35.7
250	37.4
315	36.3
400	39.1
500	40.5
630	42.9
800	43.7
1,000	44.4
1,250	44.1
1,600	42.7
2,000	43.6
2,500	47.7
3,150	50.6
4,000	54.0
5,000	55.9



➤ 5.2.7 鋼板(8mm)+制振材C(1.3mm)+デッキコンポ(8mm)

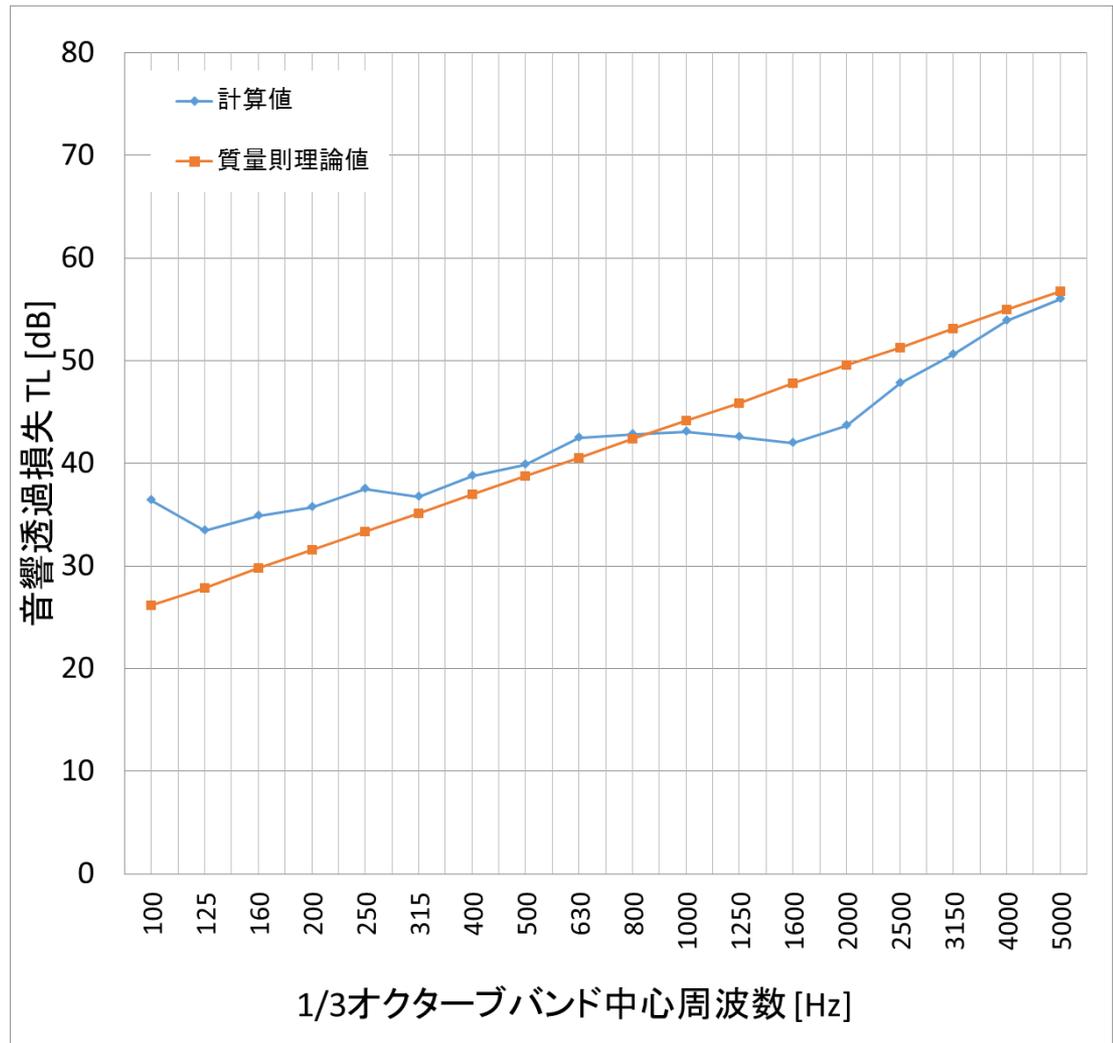
1/3Oct.周波数(Hz)	振動挿入損失(dB)
25	14.6
31.5	3.5
40	-1.7
50	13.3
63	5.2
80	9.1
100	7.3
125	5.8
160	8.4
200	5.8
250	7.4
315	12.3
400	8.8
500	8.7
630	13.8
800	15.1
1,000	12.6
1,250	10.5
1,600	10.3
2,000	10.8
2,500	12.0
3,150	14.6
4,000	14.6
5,000	14.0
6,300	10.8
8,000	10.6
10,000	14.5



➤ 5.2.8 鋼板(8mm)+制振材D(2mm)+デッキコンポ(8mm)

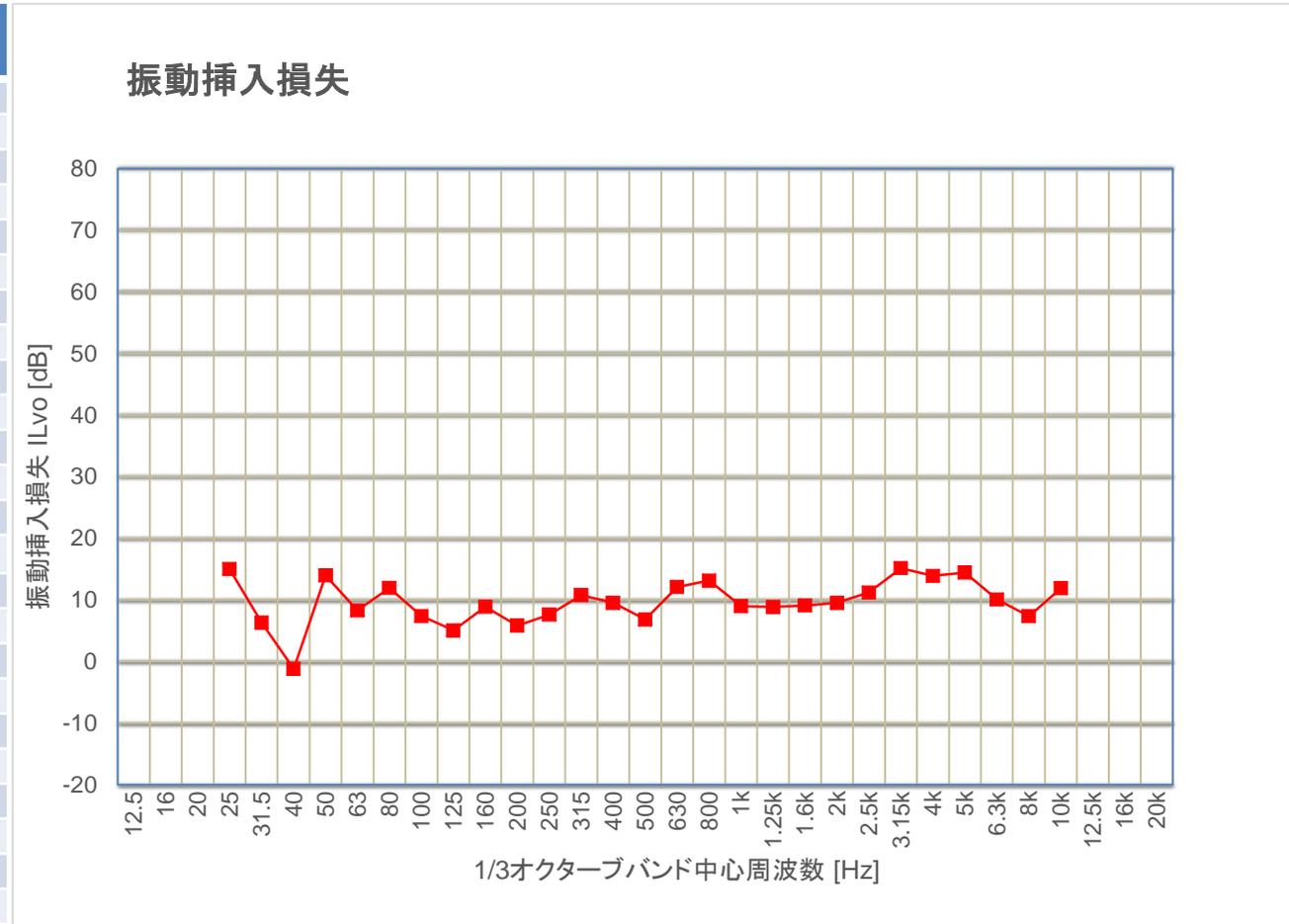
重み付き音響透過損失 $R_w=43$

1/3Oct.周波数(Hz)	透過損失(dB)
100	36.4
125	33.4
160	34.9
200	35.7
250	37.5
315	36.7
400	38.8
500	39.9
630	42.5
800	42.8
1,000	43.1
1,250	42.6
1,600	42.0
2,000	43.7
2,500	47.8
3,150	50.6
4,000	53.9
5,000	56.0



➤ 5.2.8 鋼板(8mm)+制振材D(2mm)+デッキコンポ(8mm)

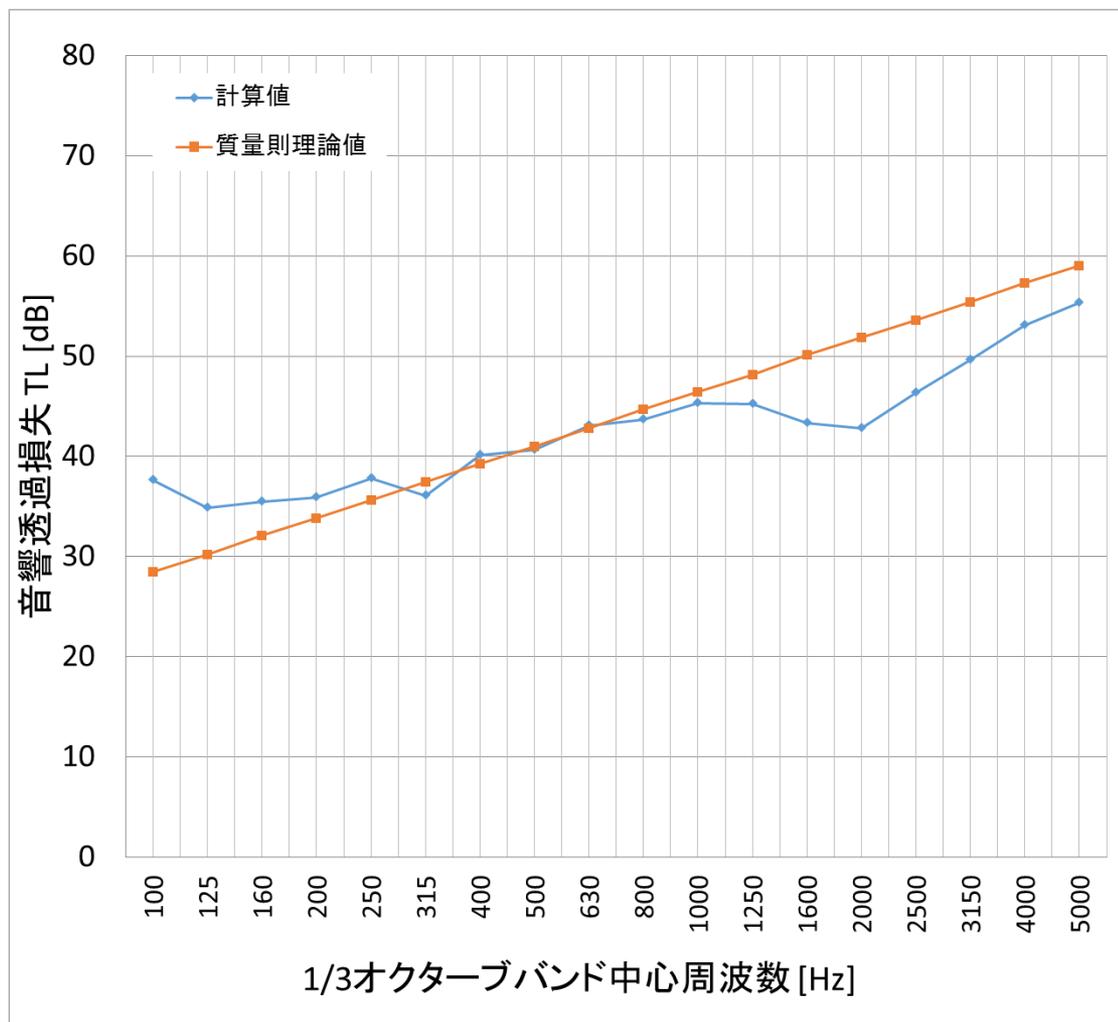
1/3Oct.周波数(Hz)	振動挿入損失(dB)
25	15.0
31.5	6.3
40	-1.2
50	14.0
63	8.3
80	11.9
100	7.4
125	5.1
160	8.9
200	5.8
250	7.6
315	10.8
400	9.5
500	6.8
630	12.1
800	13.1
1,000	9.0
1,250	8.9
1,600	9.1
2,000	9.5
2,500	11.2
3,150	15.1
4,000	13.9
5,000	14.4
6,300	10.1
8,000	7.4
10,000	11.9



➤ 5.2.9 鋼板(8mm)+制振材E(4.7mm)+デッキコンポ(8mm)

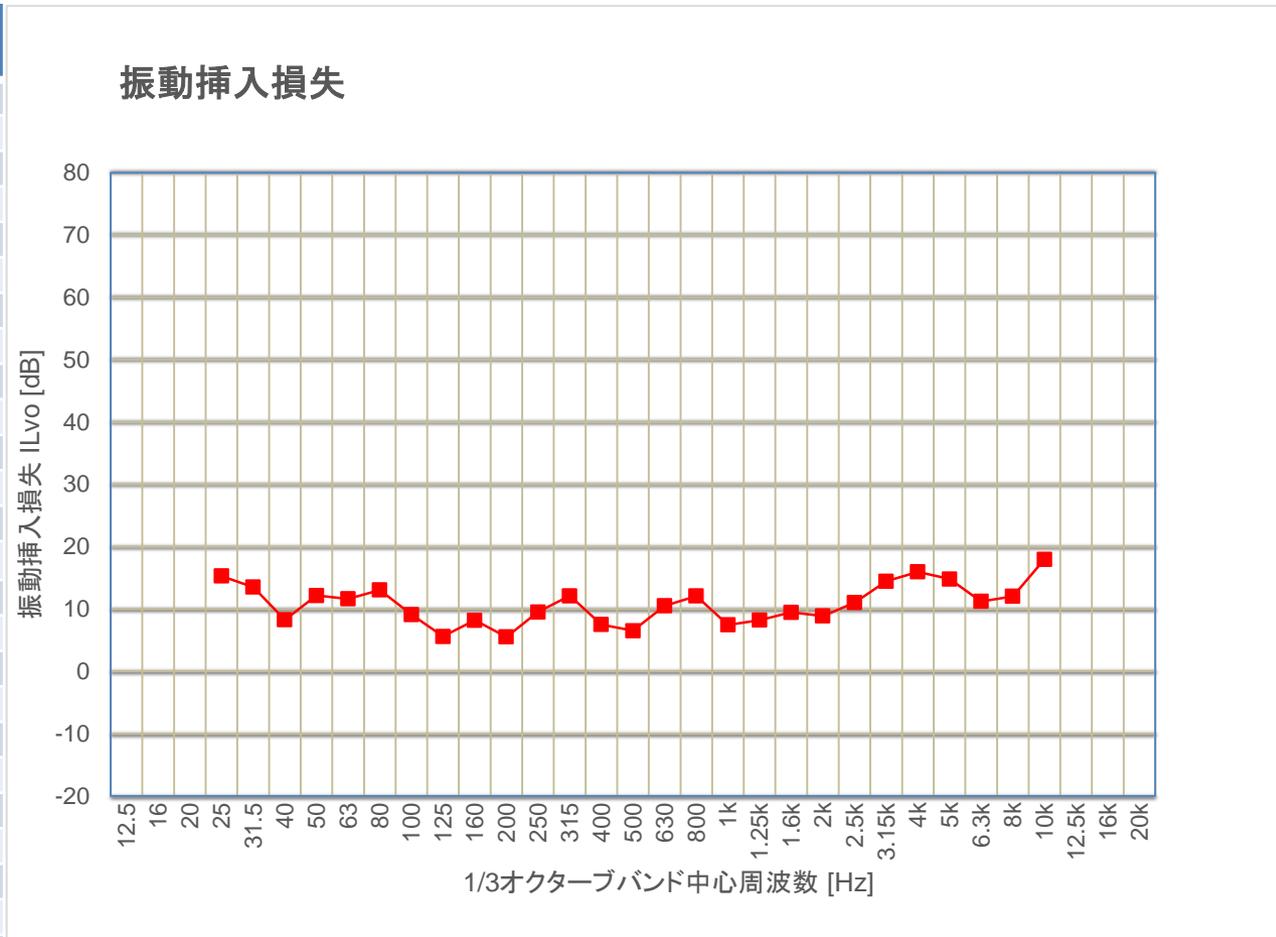
重み付き音響透過損失 $R_w=44$

1/3Oct.周波数(Hz)	透過損失(dB)
100	37.6
125	34.9
160	35.5
200	35.9
250	37.8
315	36.1
400	40.1
500	40.6
630	43.1
800	43.7
1,000	45.3
1,250	45.2
1,600	43.3
2,000	42.8
2,500	46.3
3,150	49.6
4,000	53.1
5,000	55.3



➤ 5.2.9 鋼板(8mm)+制振材E(4.7mm)+デッキコンポ(8mm)

1/3Oct.周波数(Hz)	振動挿入損失(dB)
25	15.3
31.5	13.5
40	8.3
50	12.2
63	11.6
80	13.1
100	9.1
125	5.6
160	8.2
200	5.5
250	9.5
315	12.1
400	7.5
500	6.5
630	10.5
800	12.1
1,000	7.5
1,250	8.2
1,600	9.5
2,000	8.9
2,500	11.0
3,150	14.5
4,000	16.0
5,000	14.8
6,300	11.2
8,000	12.0
10,000	18.0

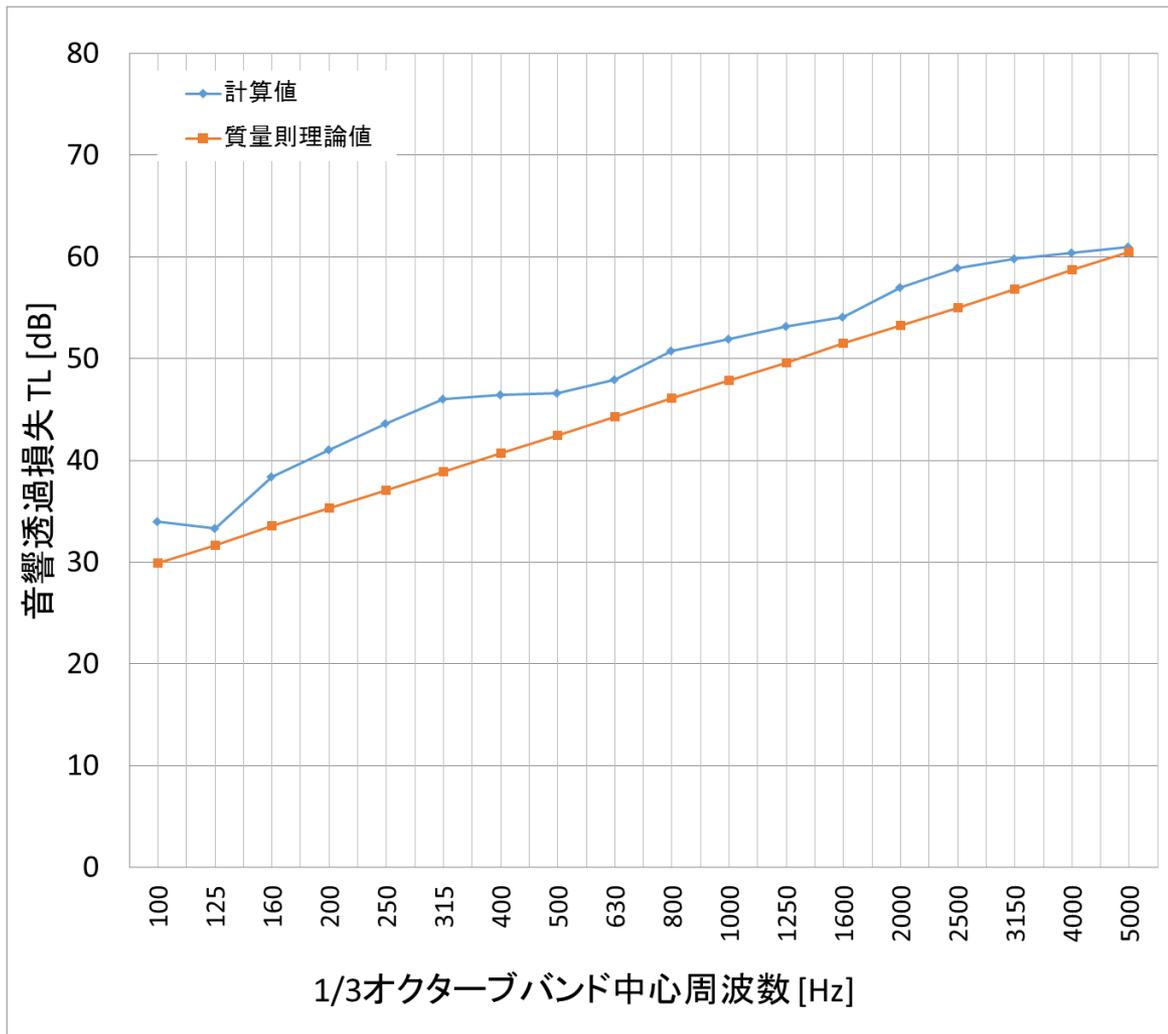


5.2 振動及び音響特性試験 試験結果

➤ 5.2.10 鋼板(8mm)+浮床A(37.3mm)+デッキコンポ(8mm)

重み付き音響透過損失 $R_w=51$

1/3Oct.周波数(Hz)	透過損失(dB)
100	34.0
125	33.3
160	38.4
200	41.0
250	43.6
315	46.0
400	46.4
500	46.6
630	47.9
800	50.8
1,000	51.9
1,250	53.2
1,600	54.1
2,000	57.0
2,500	58.9
3,150	59.8
4,000	60.4
5,000	61.0



5.2 振動及び音響特性試験 試験結果

➤ 5.2.10 鋼板(8mm)+浮床A(37.3mm)+デッキコンポ(8mm)

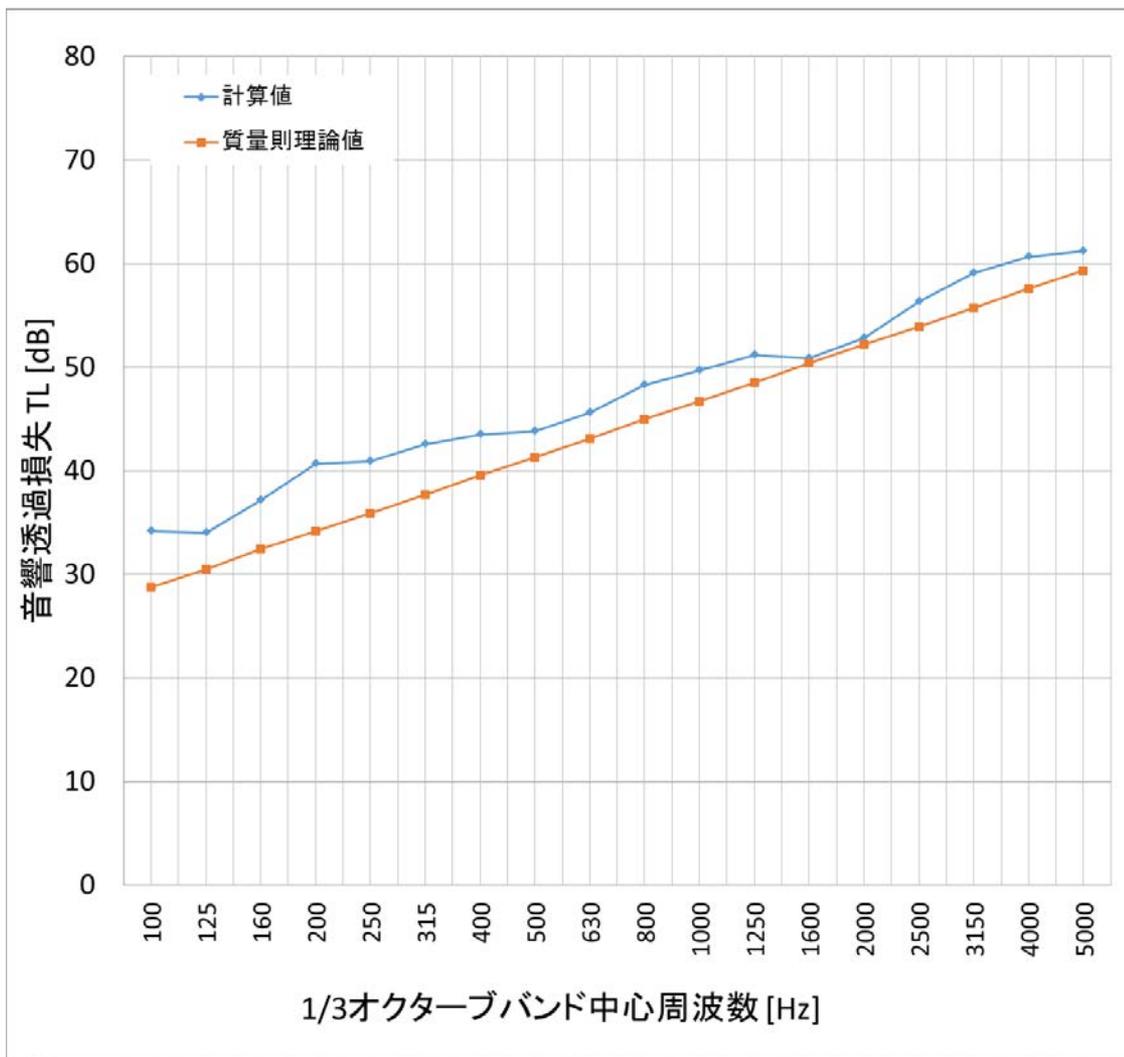
1/3Oct.周波数(Hz)	振動挿入損失(dB)
25	6.0
31.5	13.9
40	-6.5
50	5.2
63	10.4
80	14.7
100	10.1
125	8.8
160	12.5
200	8.0
250	15.4
315	14.8
400	19.9
500	21.8
630	25.0
800	28.1
1,000	23.9
1,250	28.9
1,600	32.8
2,000	33.8
2,500	36.8
3,150	42.3
4,000	48.0
5,000	54.4
6,300	59.7
8,000	69.3
10,000	72.0



➤ 5.2.11 鋼板(8mm)+浮床B(53.2mm)+デッキコンポ(8mm)

重み付き音響透過損失 $R_w=49$

1/3Oct.周波数(Hz)	透過損失(dB)
100	34.2
125	34.0
160	37.2
200	40.7
250	40.9
315	42.6
400	43.5
500	43.8
630	45.6
800	48.3
1,000	49.7
1,250	51.2
1,600	50.9
2,000	52.8
2,500	56.4
3,150	59.1
4,000	60.7
5,000	61.2



➤ 5.2.11 鋼板(8mm)+浮床B(53.2mm)+デッキコンポ(8mm)

1/3Oct.周波数(Hz)	振動挿入損失(dB)
25	20.2
31.5	15.4
40	0.2
50	10.6
63	7.9
80	12.0
100	13.1
125	7.5
160	9.8
200	8.9
250	9.6
315	10.0
400	13.4
500	11.9
630	16.9
800	16.0
1,000	14.6
1,250	19.1
1,600	19.9
2,000	22.0
2,500	25.9
3,150	28.8
4,000	28.6
5,000	30.1
6,300	34.0
8,000	38.8
10,000	44.9

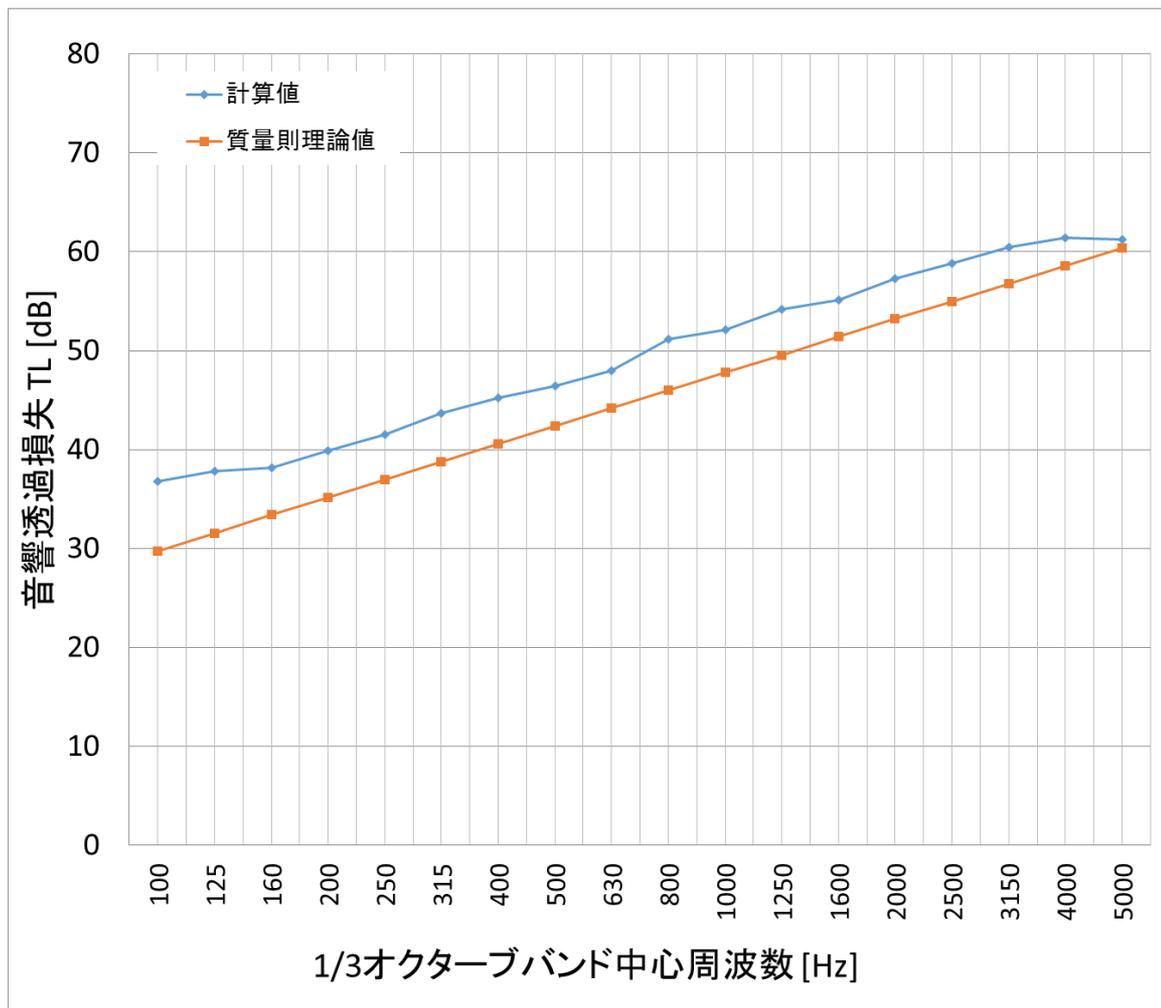


5.2 振動及び音響特性試験 試験結果

- 5.2.12 鋼板(8mm)+制振材D(2mm)+デッキコンポ(8mm)+浮床B(53.2mm)
+デッキコンポ(8mm)

重み付き音響透過損失 $R_w=51$

1/3Oct.周波数(Hz)	透過損失(dB)
100	36.8
125	37.8
160	38.2
200	39.9
250	41.5
315	43.7
400	45.2
500	46.4
630	48.0
800	51.2
1,000	52.1
1,250	54.2
1,600	55.1
2,000	57.3
2,500	58.8
3,150	60.5
4,000	61.4
5,000	61.2



5.2 振動及び音響特性試験 試験結果

- 5.2.12 鋼板(8mm)+制振材D(2mm)+デッキコンポ(8mm)+浮床B(53.2mm)
+デッキコンポ(8mm)

1/3Oct.周波数(Hz)	振動挿入損失(dB)
25	18.3
31.5	14.6
40	3.4
50	12.5
63	13.2
80	15.4
100	13.2
125	7.6
160	16.0
200	9.6
250	12.5
315	12.8
400	17.8
500	15.1
630	21.3
800	25.4
1,000	22.3
1,250	28.7
1,600	27.6
2,000	30.1
2,500	34.7
3,150	37.1
4,000	37.5
5,000	38.9
6,300	39.5
8,000	49.0
10,000	54.7

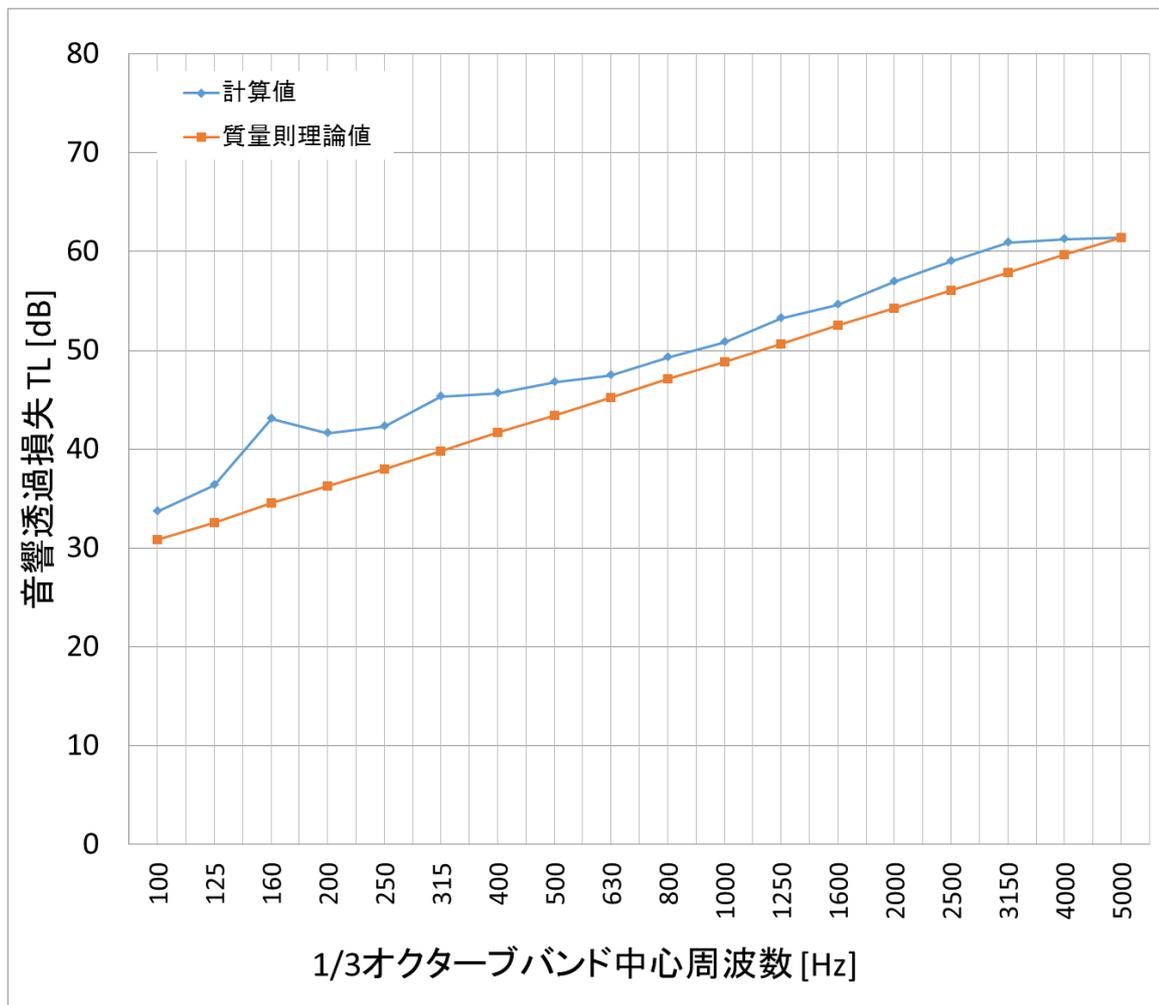


5.2 振動及び音響特性試験 試験結果

➤ 5.2.13 鋼板(8mm)+浮床B(2層)(106.4mm)+デッキコンポ(8mm)

重み付き音響透過損失 $R_w=51$

1/3Oct.周波数(Hz)	透過損失(dB)
100	33.7
125	36.4
160	43.1
200	41.6
250	42.3
315	45.3
400	45.7
500	46.8
630	47.5
800	49.3
1,000	50.8
1,250	53.2
1,600	54.6
2,000	56.9
2,500	59.0
3,150	60.9
4,000	61.2
5,000	61.4



5.2 振動及び音響特性試験 試験結果

➤ 5.2.13 鋼板(8mm)+浮床B(2層)(106.4mm)+デッキコンポ(8mm)

1/3Oct.周波数(Hz)	振動挿入損失(dB)
25	18.4
31.5	17.3
40	6.6
50	11.2
63	11.8
80	16.1
100	11.9
125	8.9
160	15.4
200	7.4
250	13.5
315	14.3
400	15.4
500	17.0
630	20.2
800	21.7
1,000	15.4
1,250	25.0
1,600	29.5
2,000	36.2
2,500	39.4
3,150	44.2
4,000	44.8
5,000	47.9
6,300	53.4
8,000	61.4
10,000	66.9

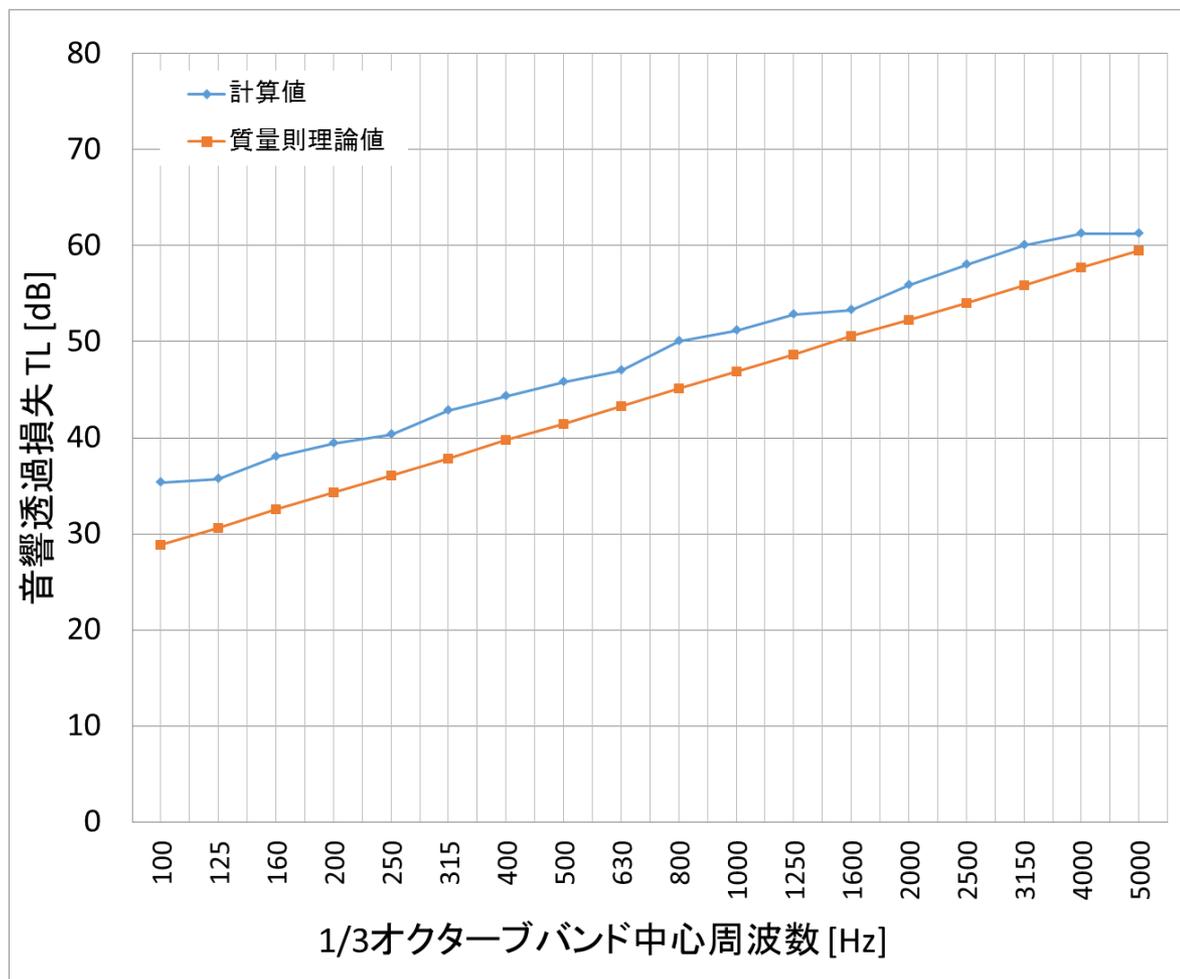


5.2 振動及び音響特性試験 試験結果

➤ 5.2.14 鋼板(8mm)+浮床B(53.2mm)+制振材D(2mm)+デッキコンポ(8mm)

重み付き音響透過損失 $R_w=50$

1/3Oct.周波数(Hz)	透過損失(dB)
100	35.3
125	35.7
160	38.0
200	39.4
250	40.3
315	42.8
400	44.3
500	45.8
630	47.0
800	50.0
1,000	51.2
1,250	52.8
1,600	53.3
2,000	55.9
2,500	58.0
3,150	60.0
4,000	61.2
5,000	61.2



5.2 振動及び音響特性試験 試験結果

➤ 5.2.14 鋼板(8mm)+浮床B(53.2mm)+制振材D(2mm)+デッキコンポ(8mm)

1/3Oct.周波数(Hz)	振動挿入損失(dB)
25	18.0
31.5	12.2
40	2.5
50	12.5
63	11.2
80	14.8
100	11.7
125	9.6
160	13.6
200	10.7
250	12.8
315	14.9
400	17.6
500	16.6
630	23.5
800	25.5
1,000	22.4
1,250	30.1
1,600	29.6
2,000	30.9
2,500	34.5
3,150	40.0
4,000	42.3
5,000	45.9
6,300	48.3
8,000	54.1
10,000	60.5

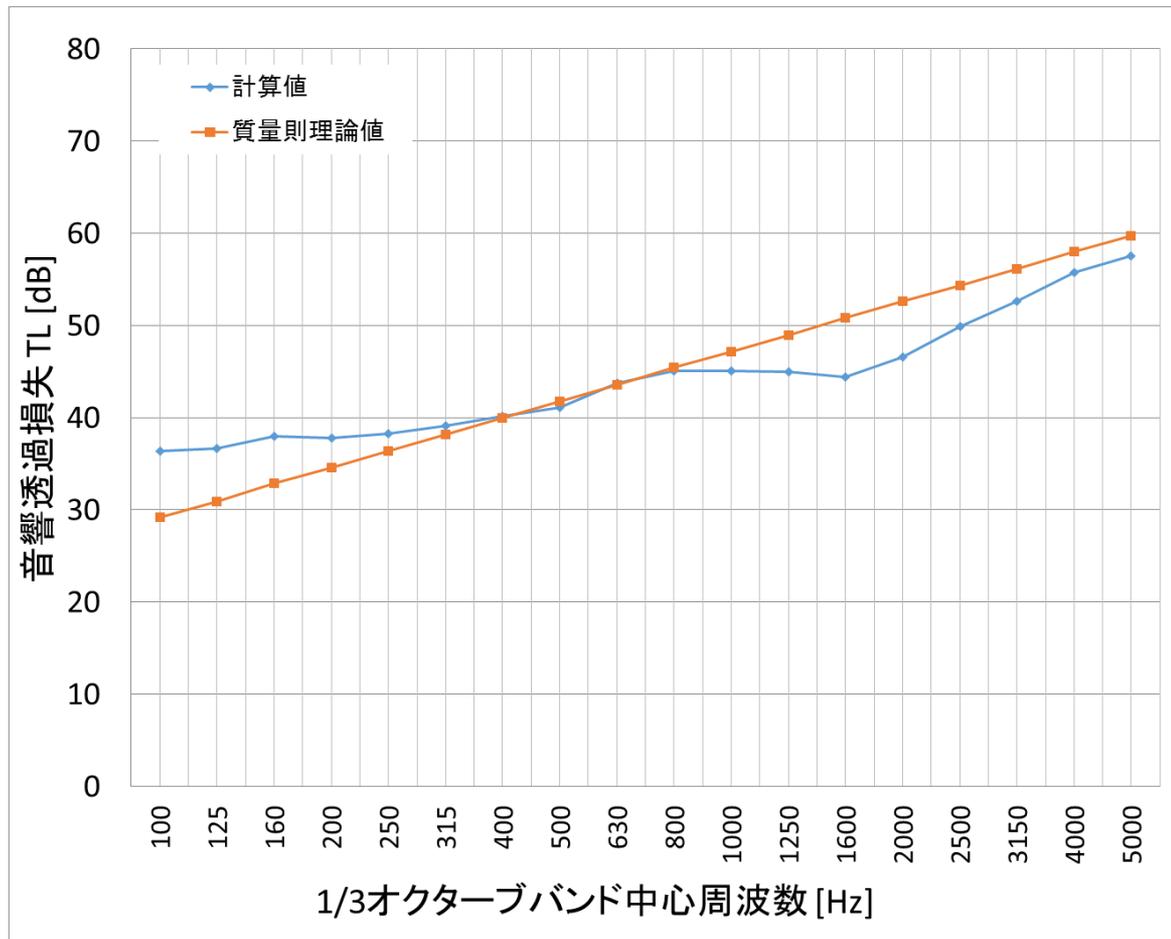


5.2 振動及び音響特性試験 試験結果

- 5.2.15 鋼板(8mm)+デッキコンポ(8mm)+ビニルタイル(2mm)+制振材C(1.3mm)
+デッキコンポ(8mm)

重み付き音響透過損失 $R_w=45$

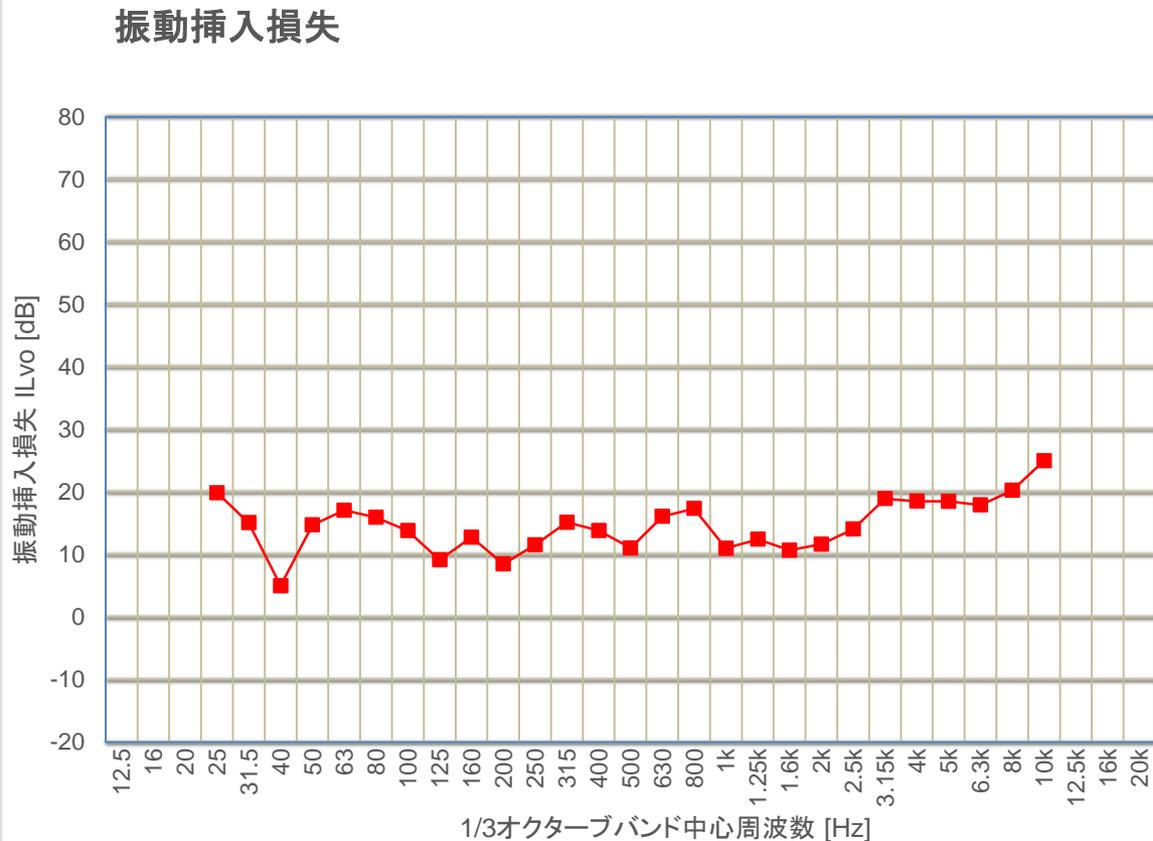
1/3Oct.周波数(Hz)	透過損失(dB)
100	36.4
125	36.7
160	38.0
200	37.8
250	38.3
315	39.1
400	40.2
500	41.1
630	43.7
800	45.1
1,000	45.1
1,250	45.0
1,600	44.4
2,000	46.6
2,500	49.9
3,150	52.6
4,000	55.7
5,000	57.5



5.2 振動及び音響特性試験 試験結果

➤ 5.2.15 鋼板(8mm)+デッキコンポ(8mm)+ビニルタイル(2mm)+制振材C(1.3mm) +デッキコンポ(8mm)

1/3Oct.周波数(Hz)	振動挿入損失(dB)
25	19.9
31.5	15.1
40	5.0
50	14.7
63	17.1
80	15.9
100	13.8
125	9.2
160	12.8
200	8.5
250	11.5
315	15.2
400	13.8
500	11.0
630	16.1
800	17.4
1,000	11.0
1,250	12.4
1,600	10.7
2,000	11.6
2,500	14.1
3,150	18.9
4,000	18.5
5,000	18.5
6,300	17.9
8,000	20.3
10,000	25.0

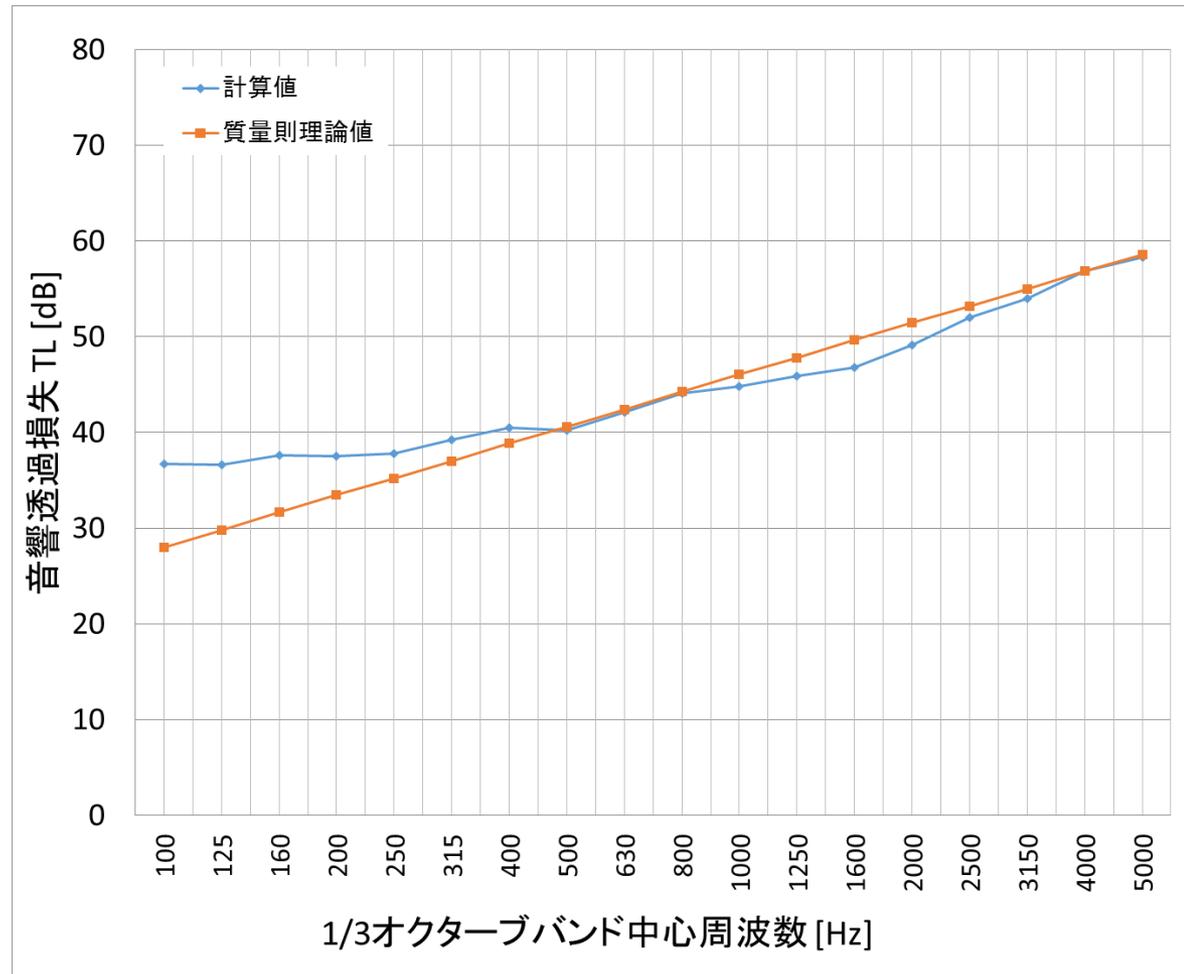


5.2 振動及び音響特性試験 試験結果

- 5.2.16 鋼板(8mm)+デッキコンポ(8mm)+ビニルタイル(2mm)+制振材D(2mm)
+デッキコンポ(8mm)

重み付き音響透過損失 $R_w=45$

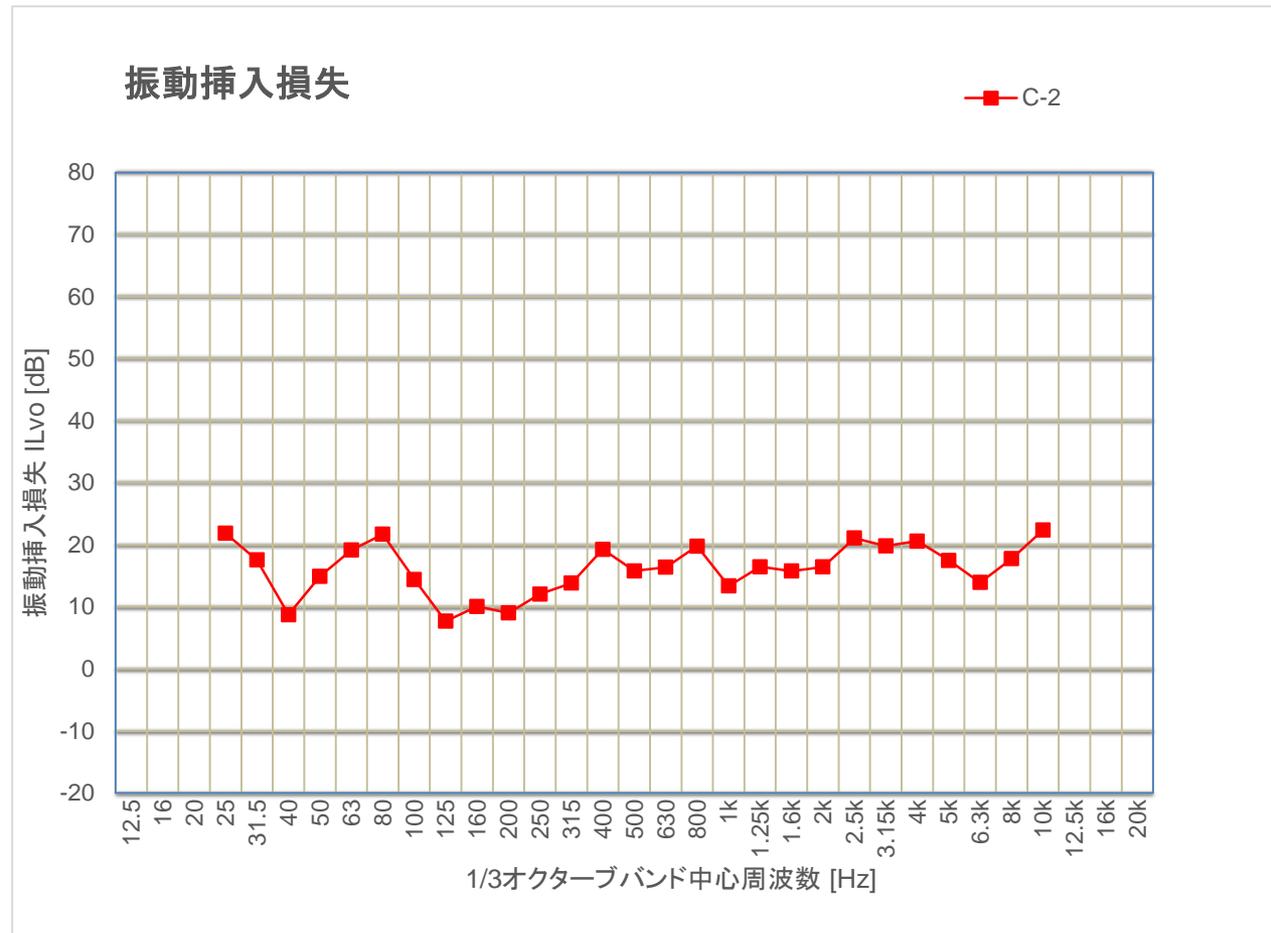
1/3Oct.周波数(Hz)	透過損失(dB)
100	36.7
125	36.6
160	37.6
200	37.5
250	37.8
315	39.2
400	40.5
500	40.2
630	42.1
800	44.1
1,000	44.8
1,250	45.9
1,600	46.8
2,000	49.1
2,500	52.0
3,150	54.0
4,000	56.9
5,000	58.3



5.2 振動及び音響特性試験 試験結果

- 5.2.16 鋼板(8mm)+デッキコンポ(8mm)+ビニルタイル(2mm)+制振材D(2mm)
+デッキコンポ(8mm)

1/3Oct.周波数(Hz)	振動挿入損失(dB)
25	21.9
31.5	17.5
40	8.7
50	14.9
63	19.1
80	21.7
100	14.4
125	7.7
160	10.0
200	9.0
250	12.1
315	13.8
400	19.3
500	15.8
630	16.4
800	19.8
1,000	13.4
1,250	16.4
1,600	15.8
2,000	16.4
2,500	21.1
3,150	19.8
4,000	20.6
5,000	17.5
6,300	13.9
8,000	17.7
10,000	22.3

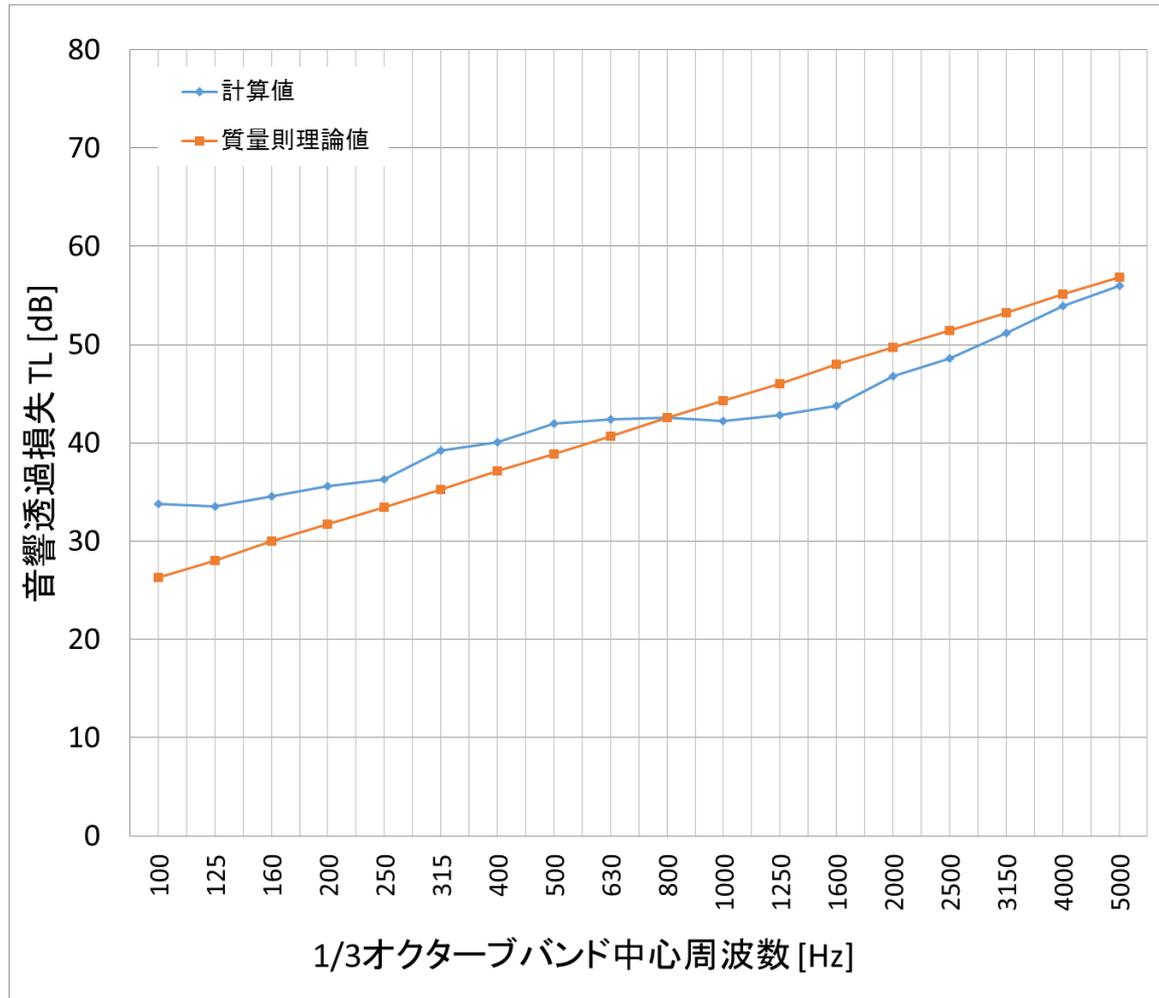


5.2 振動及び音響特性試験 試験結果

➤ 5.2.17 裏面ロックウール(40mm)+鋼板(8mm)+デッキコンポ(8mm)

重み付き音響透過損失 $R_w=44$

1/3Oct.周波数(Hz)	透過損失(dB)
100	33.8
125	33.5
160	34.6
200	35.6
250	36.3
315	39.2
400	40.1
500	42.0
630	42.4
800	42.6
1,000	42.2
1,250	42.8
1,600	43.8
2,000	46.8
2,500	48.6
3,150	51.2
4,000	53.9
5,000	56.0



5.2 振動及び音響特性試験 試験結果

➤ 5.2.17 裏面ロックウール(40mm)+鋼板(8mm)+デッキコンポ(8mm)

1/3Oct.周波数(Hz)	振動挿入損失(dB)
25	15.3
31.5	10.0
40	-12.2
50	8.7
63	7.2
80	4.4
100	7.2
125	3.3
160	8.4
200	5.0
250	6.5
315	7.9
400	7.0
500	2.7
630	9.4
800	14.3
1,000	2.6
1,250	4.7
1,600	4.0
2,000	2.5
2,500	4.8
3,150	5.6
4,000	6.2
5,000	4.8
6,300	-2.0
8,000	3.3
10,000	8.4



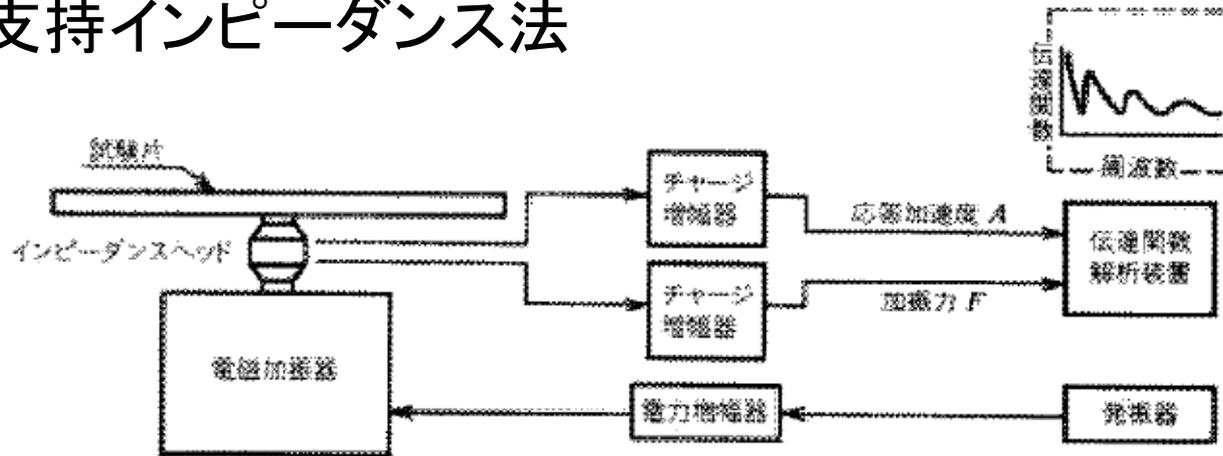
6. 振動減衰特性試験

6. 1 試験手順

- 振動及び音響特性試験の結果を分析するために、甲板に制振材等を施工する対策の床材の短冊試験体で損失係数を測定する。
- 試験体
 - 鋼材寸法：長さ450mm×幅38mm×厚さ8mm, 10mm, 12mm
 - 鋼材材質：JIS G 3101のSS400
 - 試験体仕様：No.1～9, 15～16, 及び鋼板単体12mm
- 試験条件
 - 試験体数：各3本
 - 周波数：100Hz～1,000Hz
 - 温度条件：10℃, 20℃, 30℃, 40℃
- 試験方法
 - JIS G 0602-1993「制振甲板の振動減衰特性試験方法」
 - JIS K 7391-2008「非拘束型制振複合はりの振動減衰特性試験方法」
- 試験所
 - 一般財団法人 小林理学研究所

6. 1 試験手順

➤ 中央支持インピーダンス法



加振器全体

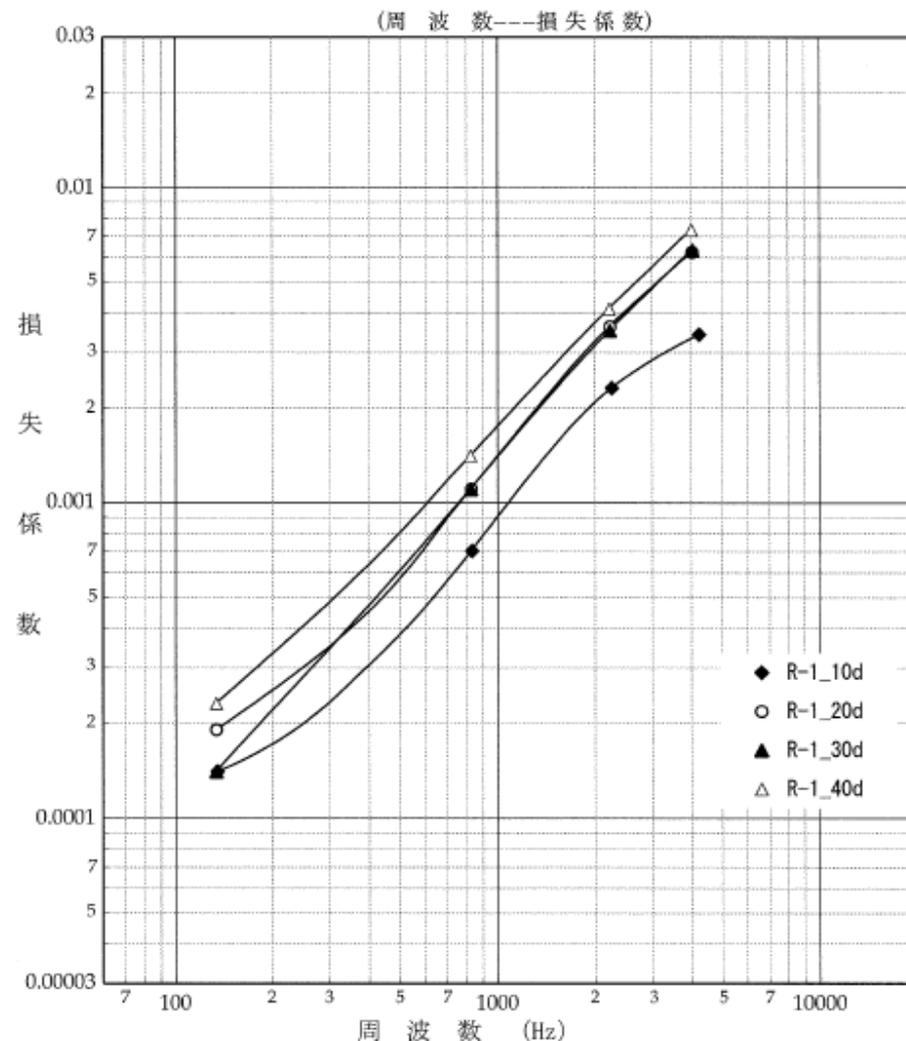


インピーダンスヘッド

6.2 振動減衰特性試験 試験結果

➤ 6.2.1 鋼板単体 鋼板(8mm)

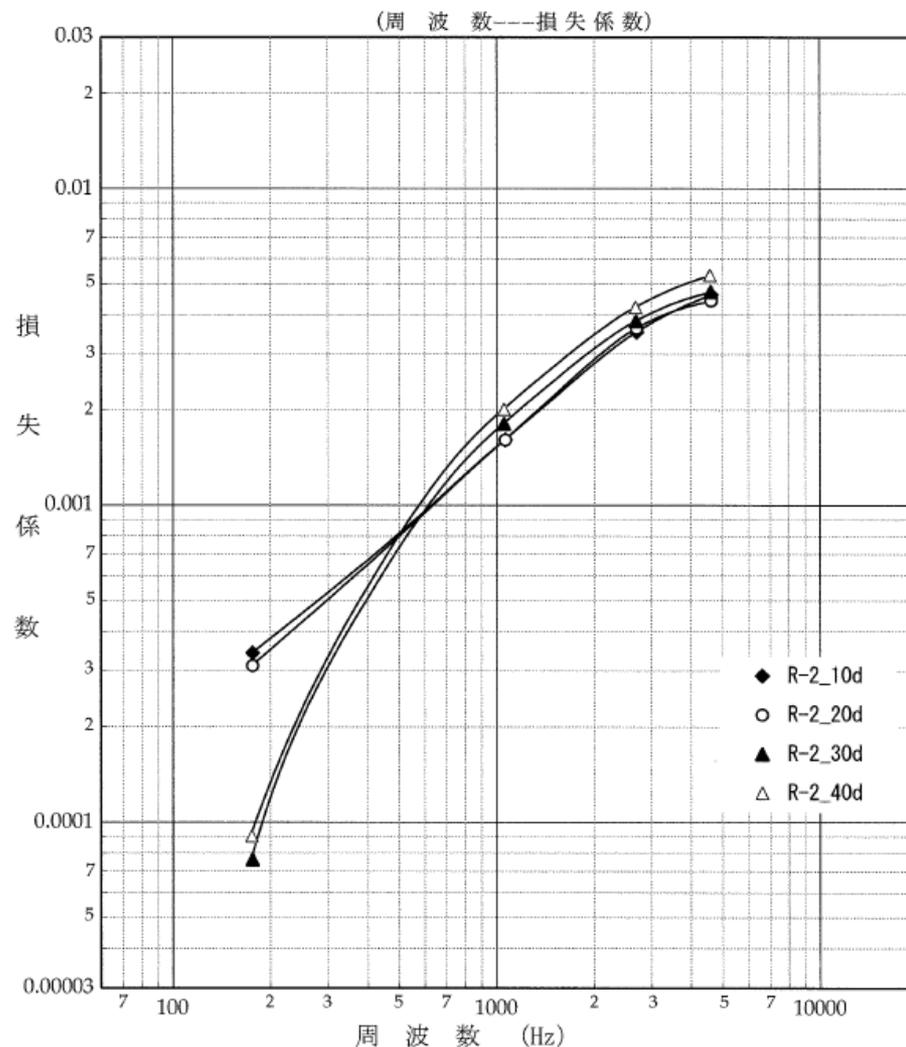
10°C	周波数(Hz)	133	823	2230	4180
	損失係数	0.00014	0.0007	0.0023	0.0034
20°C	周波数(Hz)	132	819	2200	3980
	損失係数	0.00019	0.0011	0.0036	0.0062
30°C	周波数(Hz)	132	818	2200	3990
	損失係数	0.00014	0.0011	0.0035	0.0063
40°C	周波数(Hz)	132	815	2190	3960
	損失係数	0.00023	0.0014	0.0041	0.0073



6.2 振動減衰特性試験 試験結果

➤ 6.2.2 鋼板単体 鋼板(10mm)

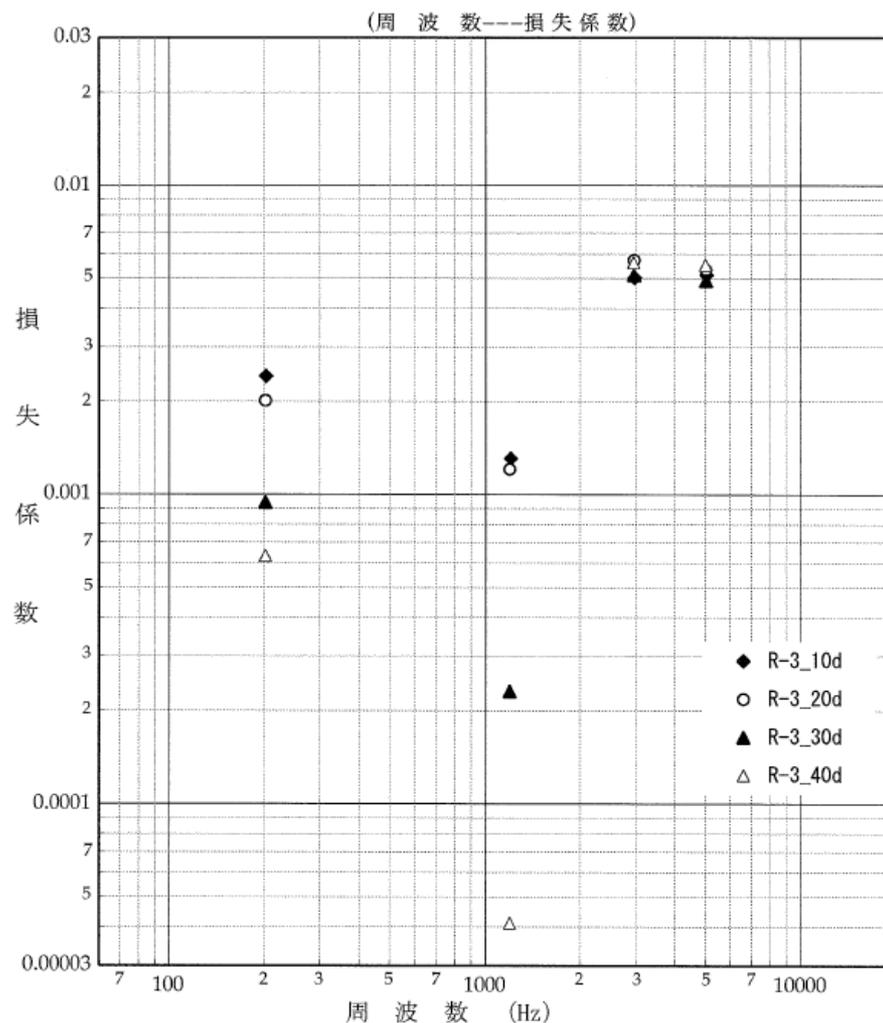
10°C	周波数(Hz)	174	1050	2670	4570
	損失係数	0.00034	0.0016	0.0035	0.0046
20°C	周波数(Hz)	174	1050	2670	4570
	損失係数	0.00031	0.0016	0.0036	0.0044
30°C	周波数(Hz)	174	1040	2660	4550
	損失係数	0.000076	0.0018	0.0038	0.0047
40°C	周波数(Hz)	173	1040	2650	4530
	損失係数	0.00009	0.002	0.0042	0.0053



6.2 振動減衰特性試験 試験結果

➤ 6.2.3 鋼板単体 鋼板(12mm)

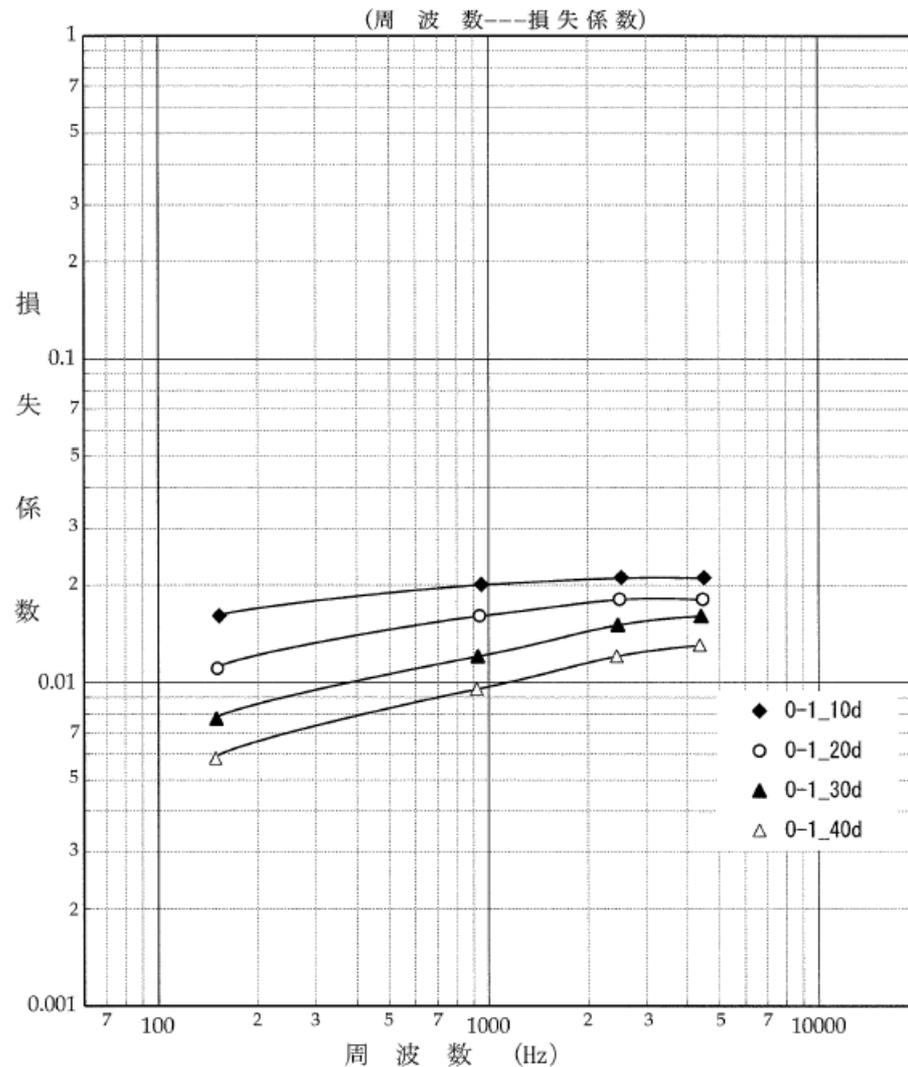
10°C	周波数(Hz)	200	1190	2940	5000
	損失係数	0.0024	0.0013	0.005	0.0051
20°C	周波数(Hz)	199	1180	2930	4980
	損失係数	0.002	0.0012	0.0057	0.0053
30°C	周波数(Hz)	199	1180	2930	4980
	損失係数	0.00094	0.00023	0.0051	0.0049
40°C	周波数(Hz)	199	1180	2920	4960
	損失係数	0.00063	0.000041	0.0056	0.0055



6.2 振動減衰特性試験 試験結果

➤ 6.2.4 鋼板(8mm)+デッキコンポ(8mm)

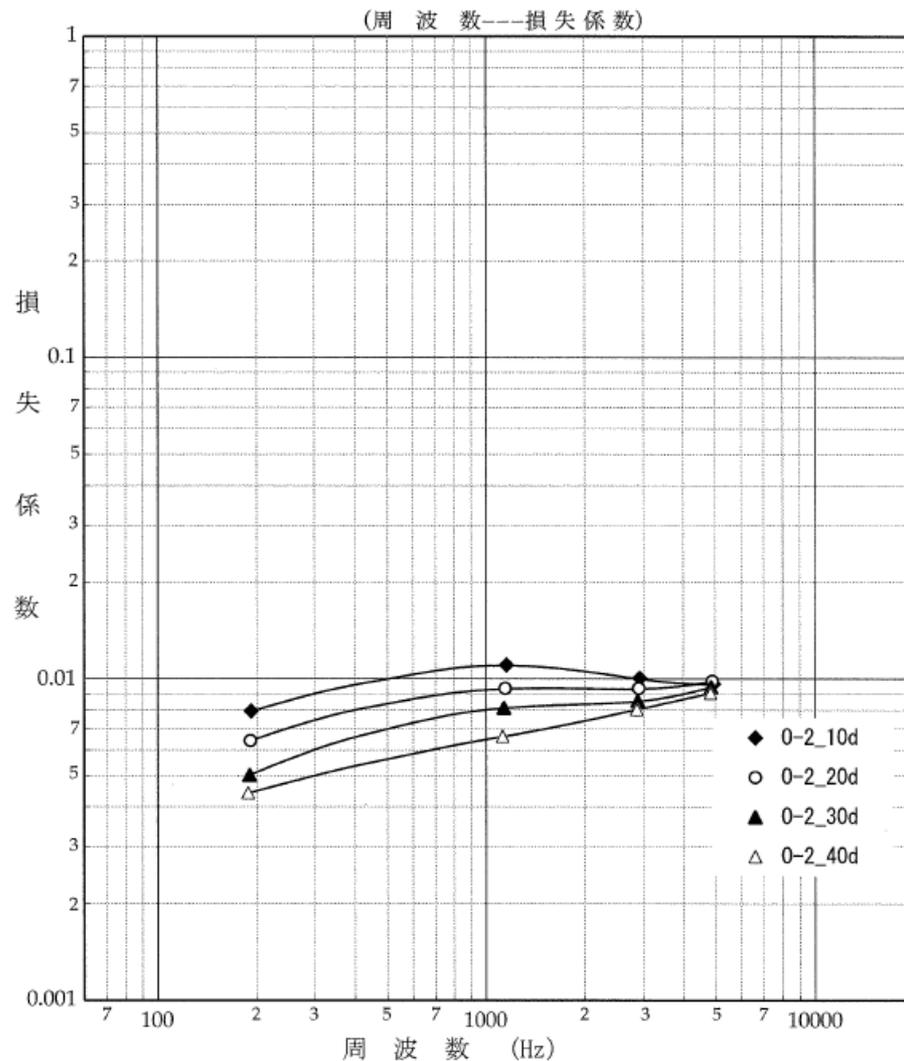
10°C	周波数(Hz)	151	939	2490	4450
	損失係数	0.016	0.02	0.021	0.021
20°C	周波数(Hz)	149	926	2460	4410
	損失係数	0.011	0.016	0.018	0.018
30°C	周波数(Hz)	148	916	2430	4360
	損失係数	0.0077	0.012	0.015	0.016
40°C	周波数(Hz)	147	908	2410	4320
	損失係数	0.0058	0.0095	0.012	0.013



6.2 振動減衰特性試験 試験結果

➤ 6.2.5 鋼板(10mm)+デッキコンポ(8mm)

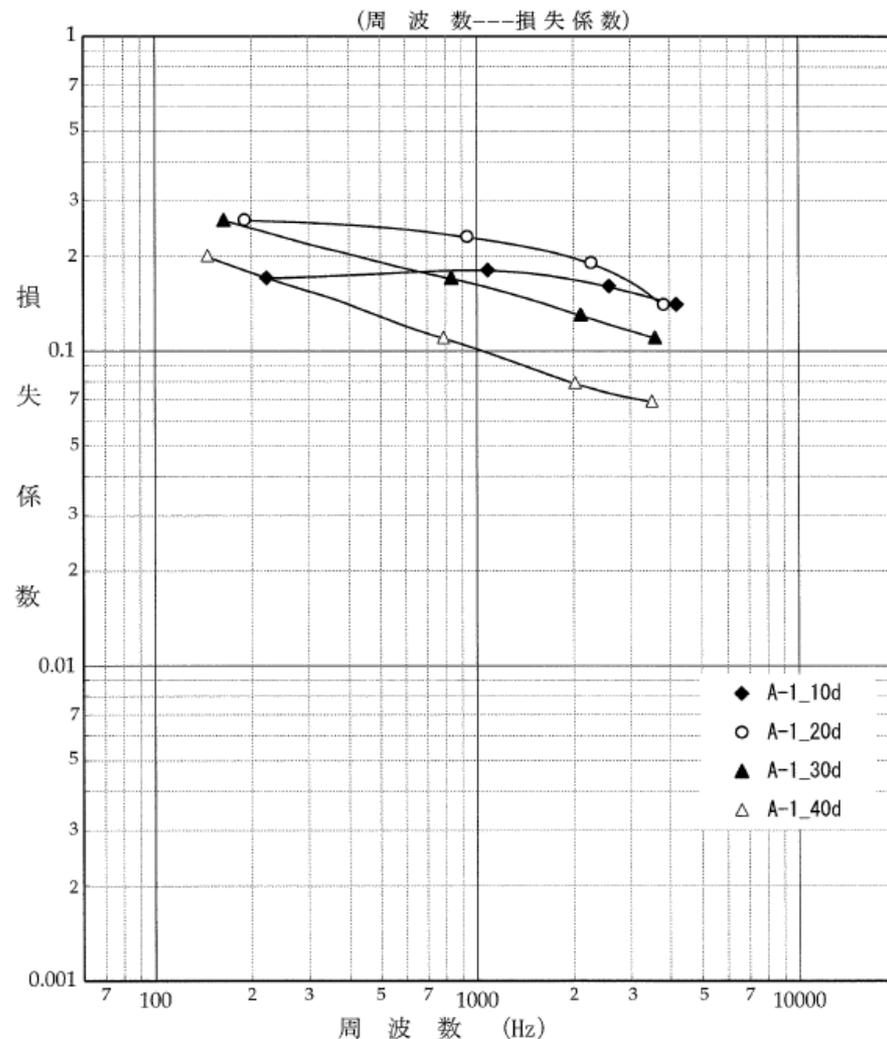
10°C	周波数(Hz)	190	1140	2890	4880
	損失係数	0.0079	0.011	0.01	0.0096
20°C	周波数(Hz)	189	1130	2870	4840
	損失係数	0.0064	0.0093	0.0093	0.0098
30°C	周波数(Hz)	188	1120	2850	4800
	損失係数	0.005	0.0081	0.0085	0.0094
40°C	周波数(Hz)	186	1110	2830	4780
	損失係数	0.0044	0.0066	0.008	0.009



6.2 振動減衰特性試験 試験結果

➤ 6.2.6 鋼板(8mm)+制振材A(6.8mm)+デッキコンポ(8mm)

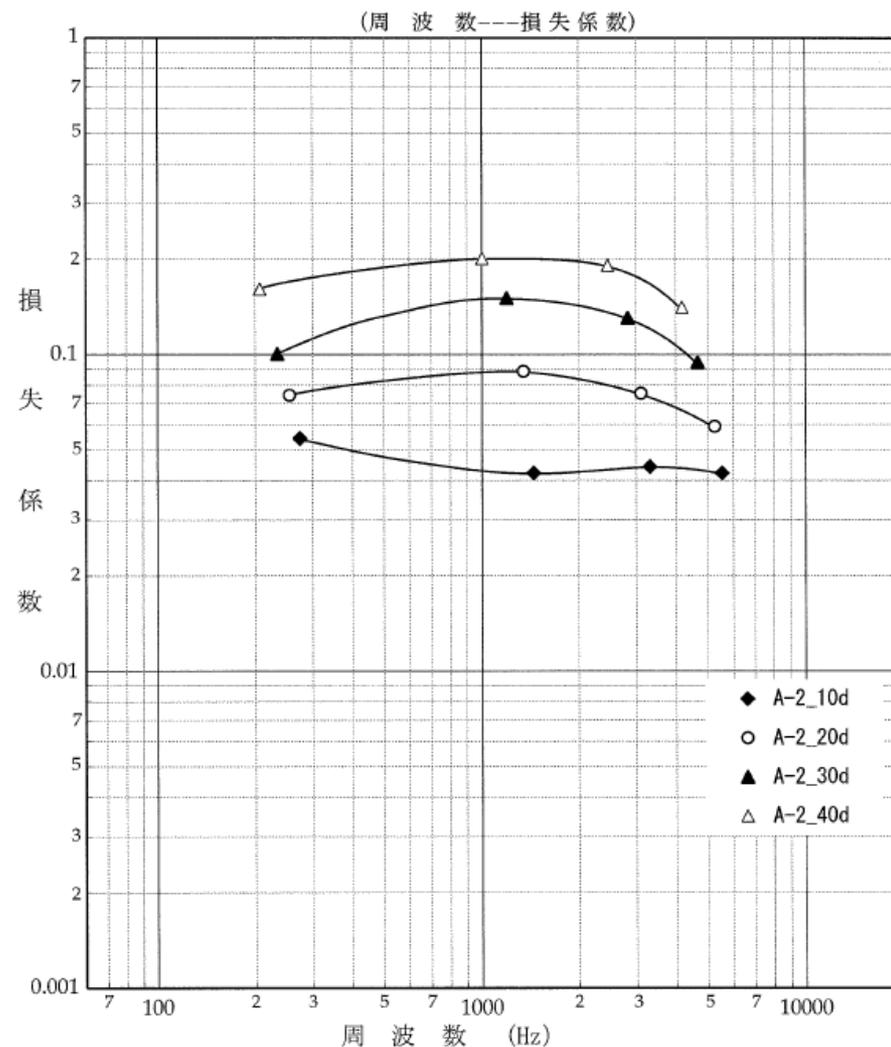
10°C	周波数(Hz)	220	1070	2550	4140
	損失係数	0.17	0.18	0.16	0.14
20°C	周波数(Hz)	188	922	2240	3780
	損失係数	0.26	0.23	0.19	0.14
30°C	周波数(Hz)	162	823	2080	3550
	損失係数	0.26	0.17	0.13	0.11
40°C	周波数(Hz)	144	778	2000	3470
	損失係数	0.2	0.11	0.079	0.069



6.2 振動減衰特性試験 試験結果

➤ 6.2.7 鋼板(8mm)+制振材B(15.6mm)+デッキコンポ(8mm)

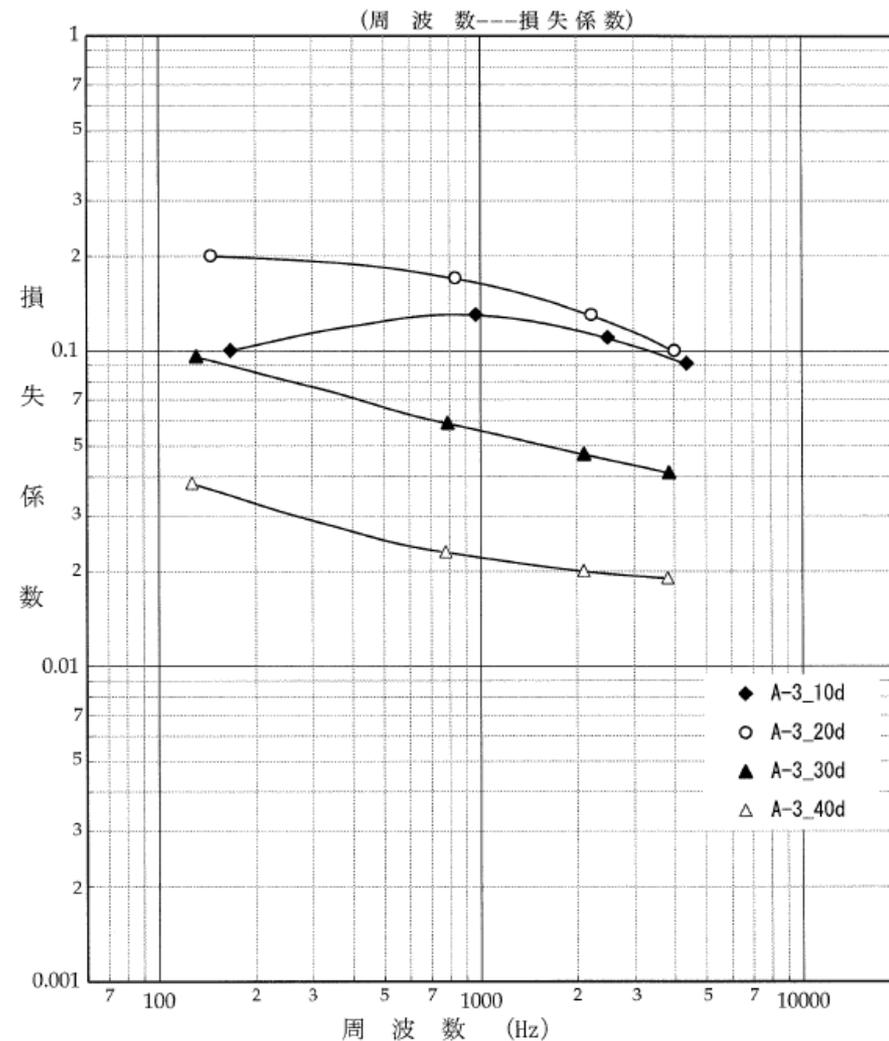
10°C	周波数(Hz)	271	1430	3270	5470
	損失係数	0.054	0.042	0.044	0.042
20°C	周波数(Hz)	252	1330	3070	5190
	損失係数	0.074	0.088	0.075	0.059
30°C	周波数(Hz)	231	1180	2800	4610
	損失係数	0.1	0.15	0.13	0.094
40°C	周波数(Hz)	204	991	2430	4130
	損失係数	0.16	0.2	0.19	0.14



6.2 振動減衰特性試験 試験結果

➤ 6.2.8 鋼板(8mm)+制振材C(1.3mm)+デッキコンポ(8mm)

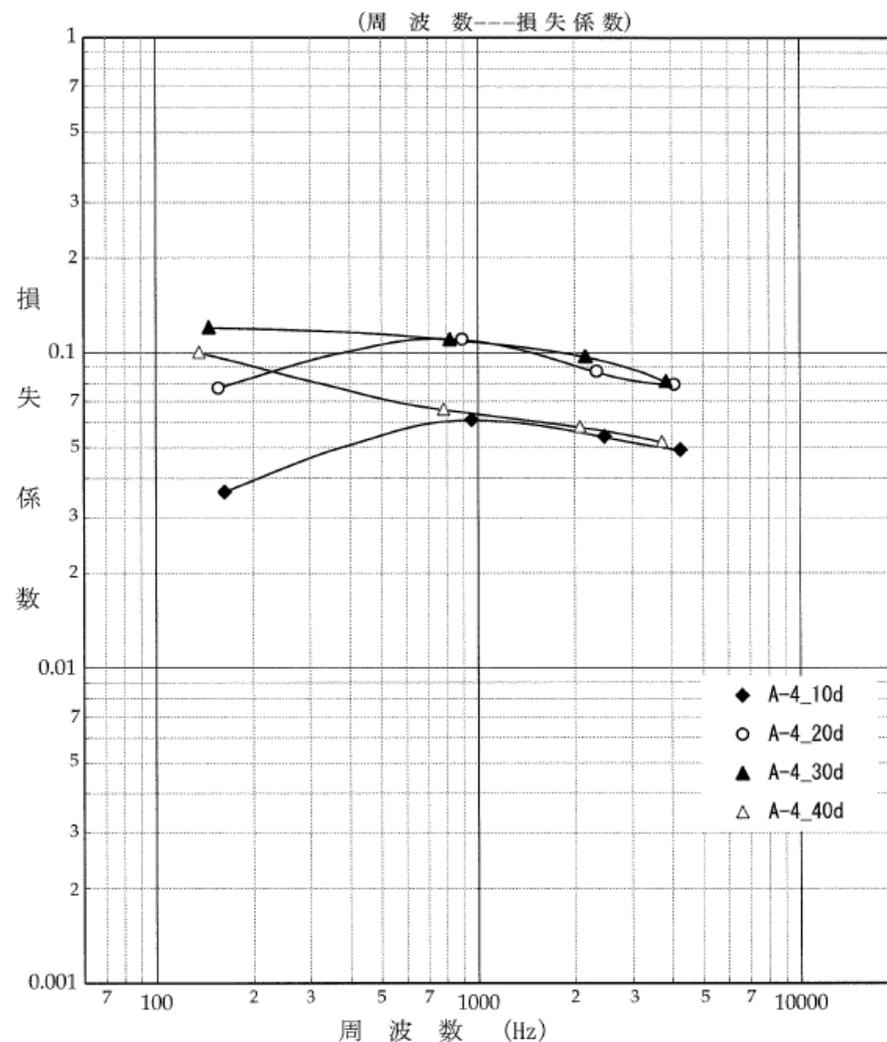
10°C	周波数(Hz)	165	956	2460	4320
	損失係数	0.1	0.13	0.11	0.091
20°C	周波数(Hz)	143	823	2190	3960
	損失係数	0.2	0.17	0.13	0.1
30°C	周波数(Hz)	129	779	2080	3810
	損失係数	0.096	0.059	0.047	0.041
40°C	周波数(Hz)	125	767	2070	3770
	損失係数	0.038	0.023	0.02	0.019



6.2 振動減衰特性試験 試験結果

➤ 6.2.9 鋼板(8mm)+制振材D(2mm)+デッキコンポ°(8mm)

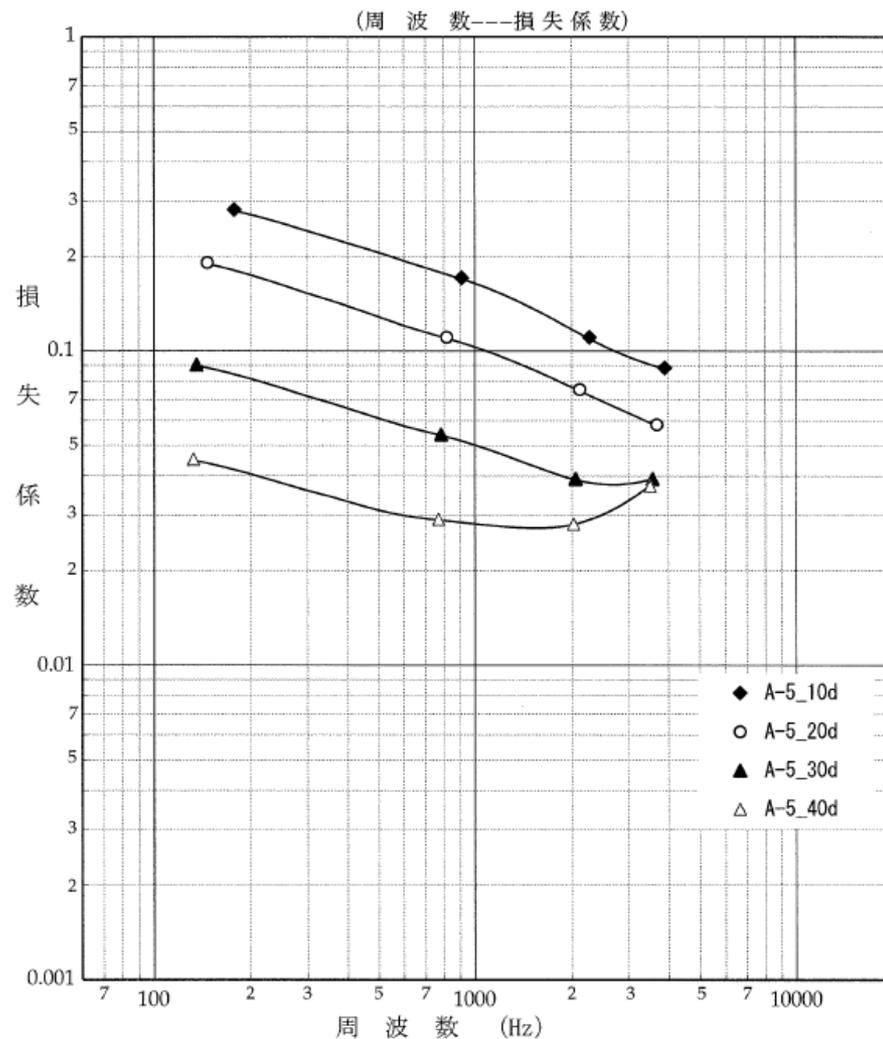
10°C	周波数(Hz)	161	943	2430	4200
	損失係数	0.036	0.061	0.054	0.049
20°C	周波数(Hz)	154	881	2300	4020
	損失係数	0.077	0.11	0.087	0.079
30°C	周波数(Hz)	144	808	2130	3790
	損失係数	0.12	0.11	0.097	0.081
40°C	周波数(Hz)	134	772	2050	3680
	損失係数	0.1	0.066	0.058	0.052



6.2 振動減衰特性試験 試験結果

➤ 6.2.10 鋼板(8mm)+制振材E(4.7mm)+デッキコンポ(8mm)

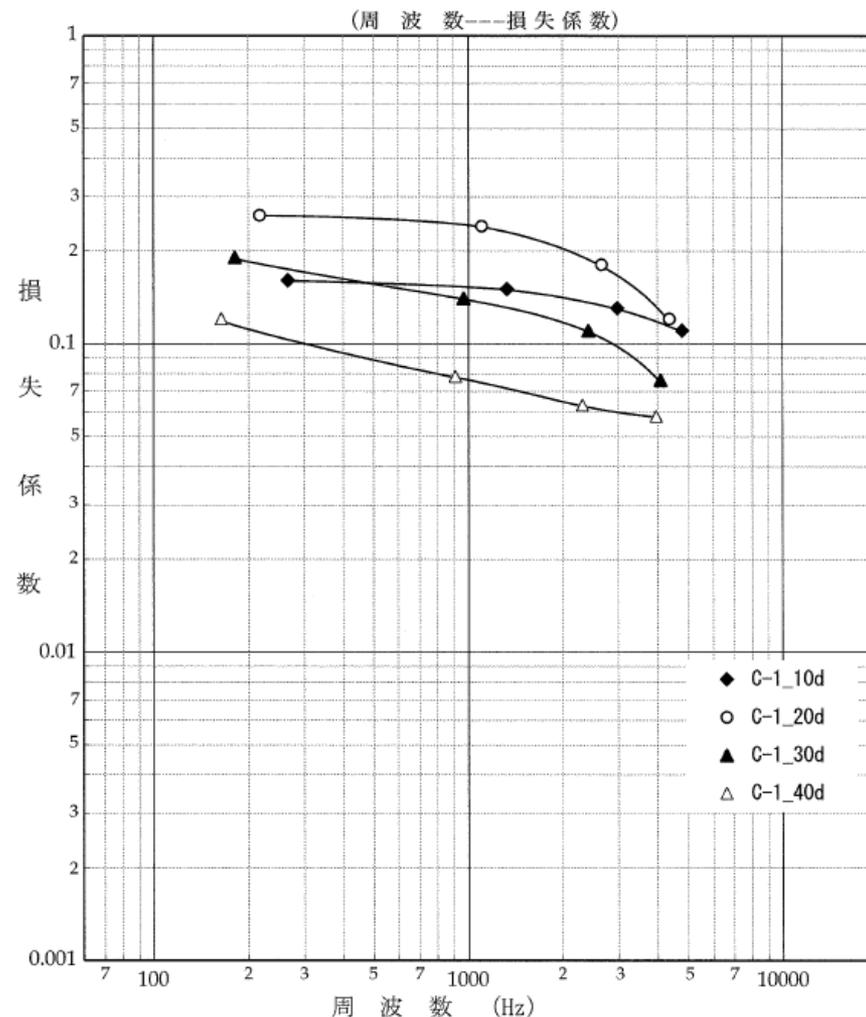
10°C	周波数(Hz)	176	899	2240	3850
	損失係数	0.28	0.17	0.11	0.088
20°C	周波数(Hz)	145	807	2090	3640
	損失係数	0.19	0.11	0.075	0.058
30°C	周波数(Hz)	134	774	2030	3530
	損失係数	0.09	0.054	0.039	0.039
40°C	周波数(Hz)	131	760	2000	3470
	損失係数	0.045	0.029	0.028	0.037



6.2 振動減衰特性試験 試験結果

➤ 6.2.11 鋼板(8mm)+デッキコンポ(8mm)+ビニルタイル(2mm) +制振材C(1.3mm)+デッキコンポ(8mm)

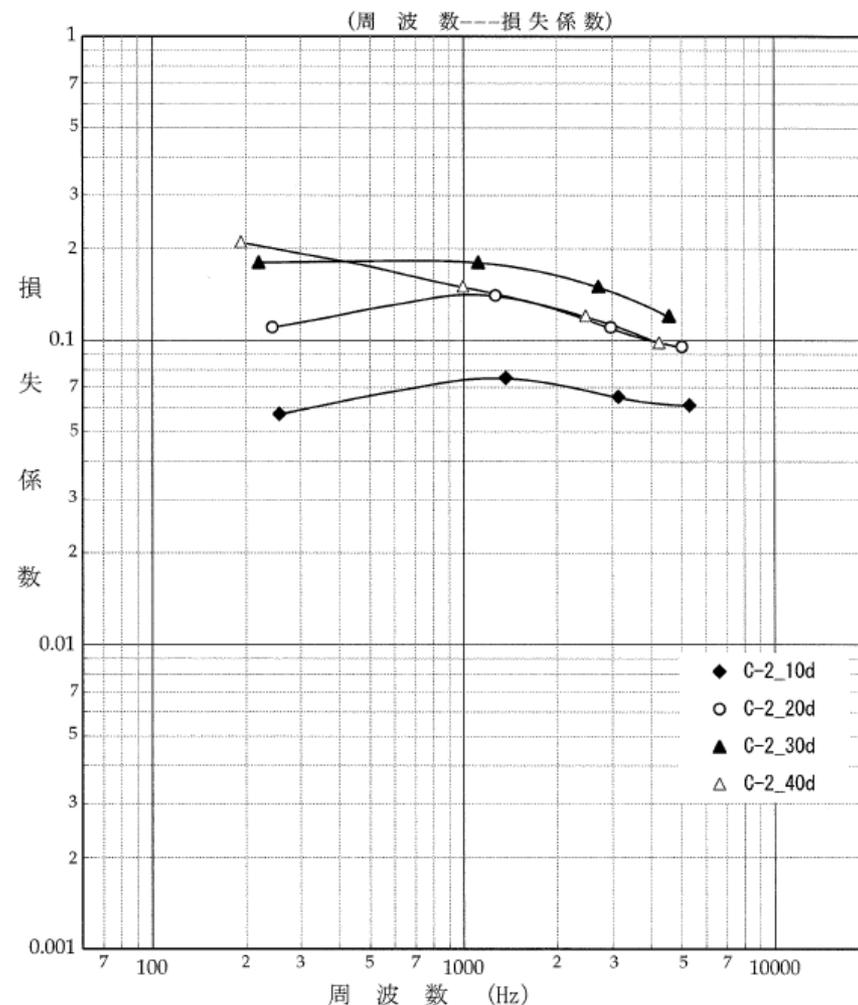
10°C	周波数(Hz)	263	1310	2940	4730
	損失係数	0.16	0.15	0.13	0.11
20°C	周波数(Hz)	214	1090	2620	4310
	損失係数	0.26	0.24	0.18	0.12
30°C	周波数(Hz)	179	954	2380	4040
	損失係数	0.19	0.14	0.11	0.076
40°C	周波数(Hz)	162	899	2280	3910
	損失係数	0.12	0.078	0.063	0.058



6.2 振動減衰特性試験 試験結果

➤ 6.2.12 鋼板(8mm)+デッキコンポ(8mm)+ビニルタイル(2mm) +制振材D(2mm)+デッキコンポ(8mm)

10°C	周波数(Hz)	253	1350	3100	5240
	損失係数	0.057	0.075	0.065	0.061
20°C	周波数(Hz)	240	1250	2930	4950
	損失係数	0.11	0.14	0.11	0.095
30°C	周波数(Hz)	217	1100	2680	4500
	損失係数	0.18	0.18	0.15	0.12
40°C	周波数(Hz)	190	984	2440	4190
	損失係数	0.21	0.15	0.12	0.098



7. 実船実験

7. 1 試験手順

- 各造船所で分担し、実験室と同じ仕様の騒音対策を実船に施工した。
- 実船において試験材料の重み付き準音響透過損失($R'w$)、平均吸音率、平均音響放射効率、振動挿入損失、振動伝達損失を測定した。
- 実船で計測した振動及び音響特性の結果と実験室の結果を比較・評価した。

7. 1 試験手順

➤ 試験体

- 寸法※：各造船所にて決定
- 試験体仕様：No.3, 5～16

➤ 試験条件※

- 試験体数：各1体
- 周波数：12.5Hz～20kHz
- 温度条件：常温

➤ 試験項目

- 騒音、振動加速度
- 残響時間(吸音率)、音響透過損失
- 音響放射効率、伝達損失、挿入損失

➤ 試験場所

- 各造船所の建造船

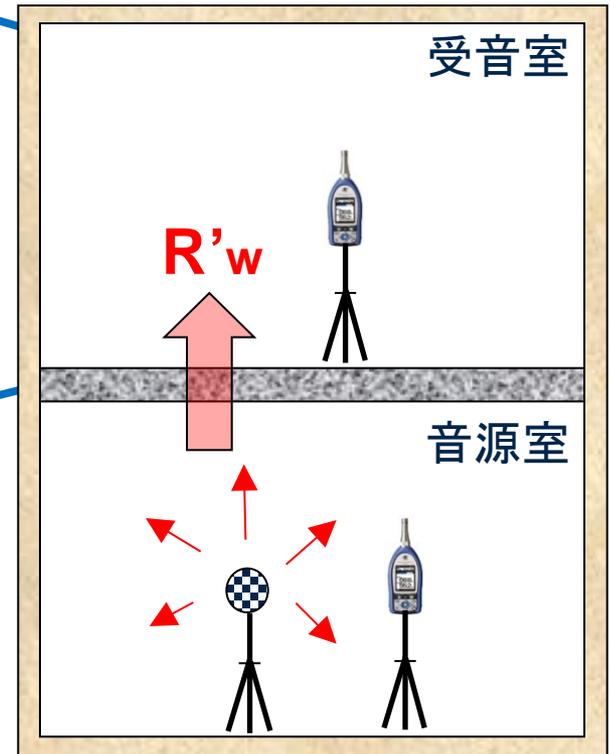
※試験体寸法・試験条件は、各造船所の現場の実態に準じた

7. 1 試験手順

➤ 試験材料の施工状況(一例)

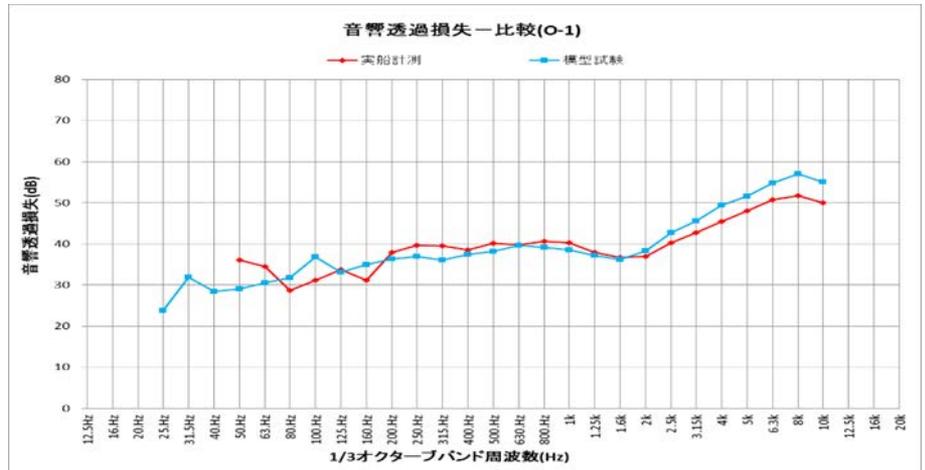
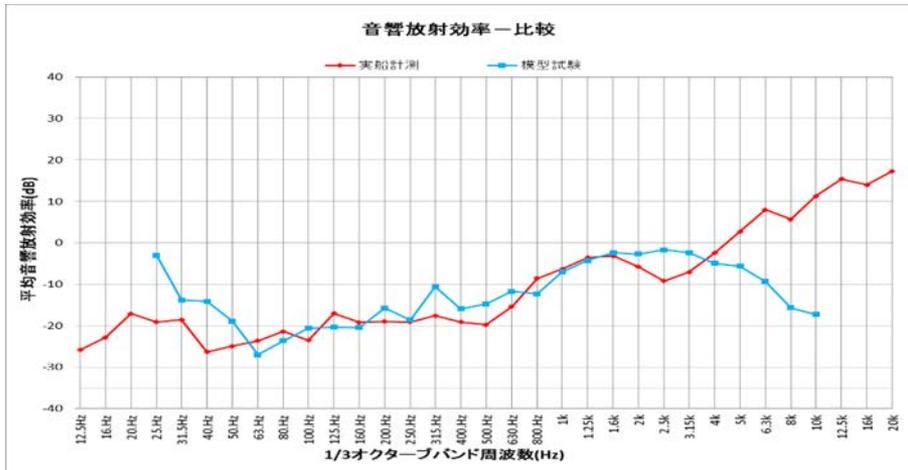


防音床材施工状況(受信室側)



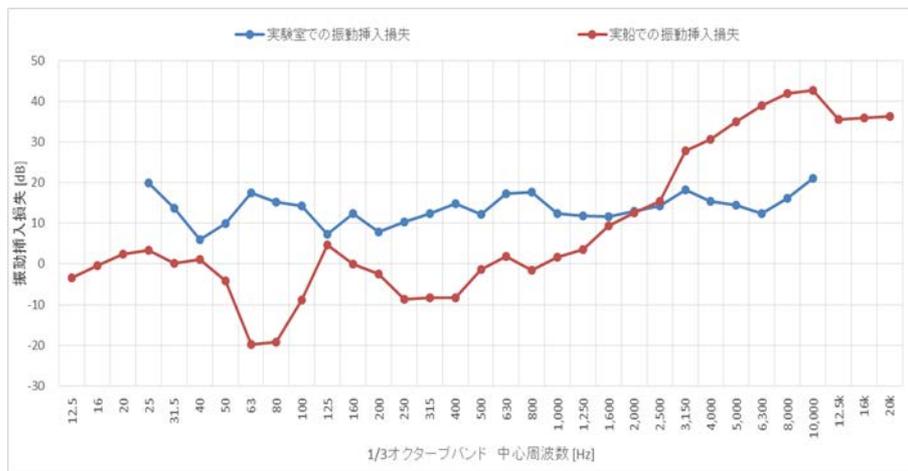
7.2 実船実験 試験結果

7.2.1 鋼板(8mm)+デッキコンポ(8mm)



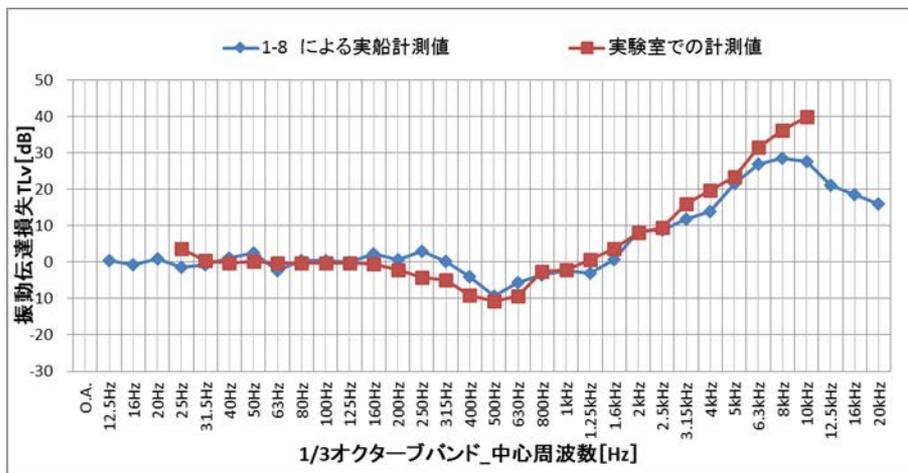
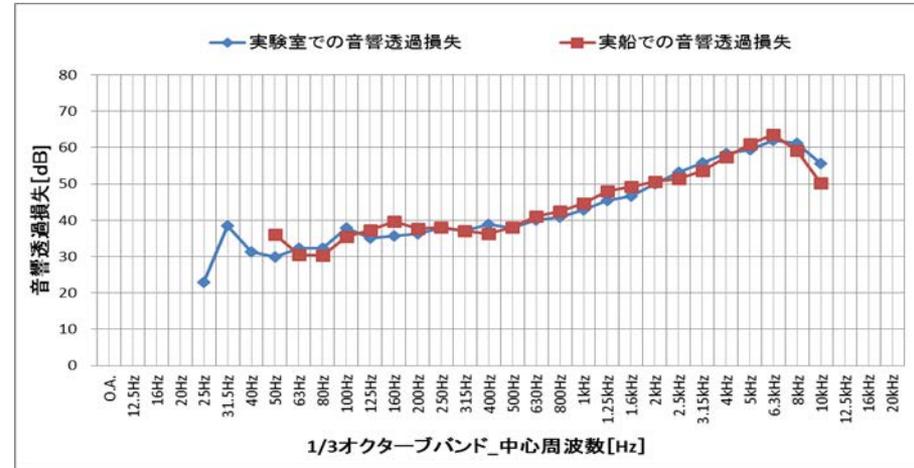
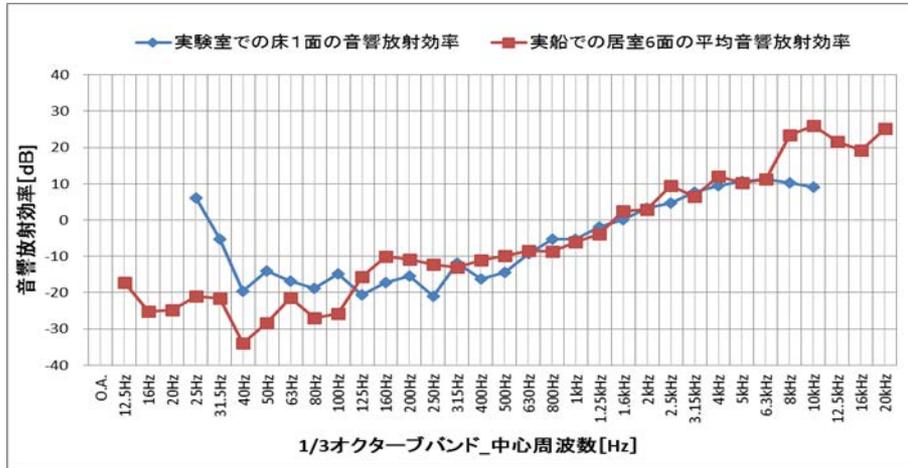
7.2 実船実験 試験結果

7.2.2 鋼板(8mm)+制振材A(6.8mm)+デッキコンポ(8mm)



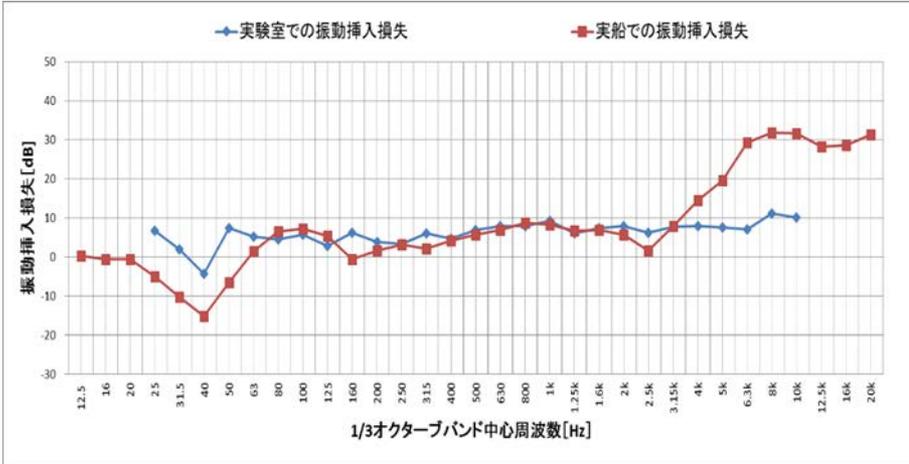
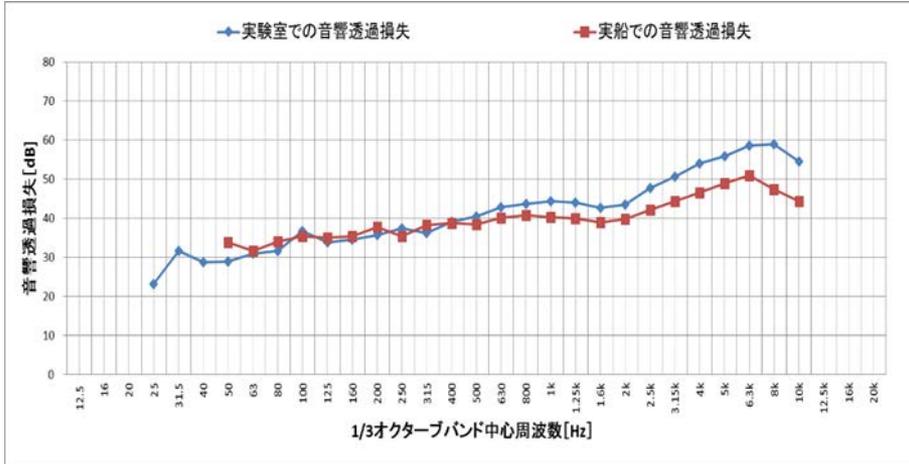
7.2 実船実験 試験結果

7.2.3 鋼板(8mm)+制振材B(15.6mm)+デッキコンポ(8mm)



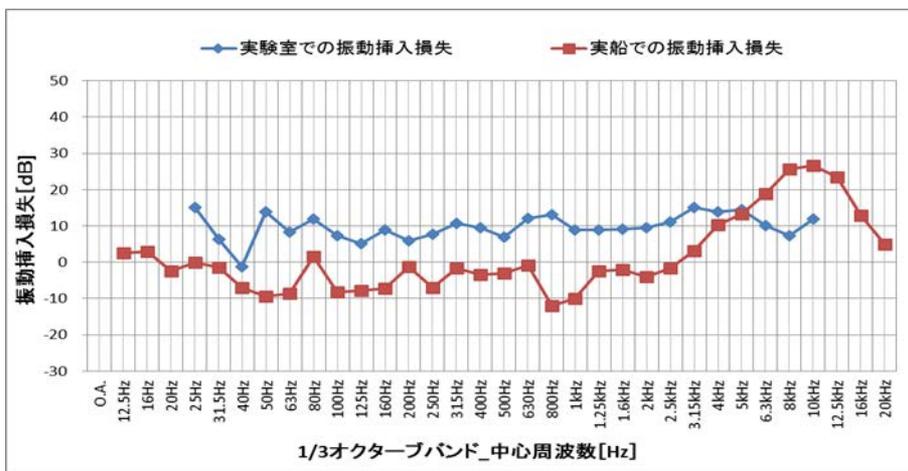
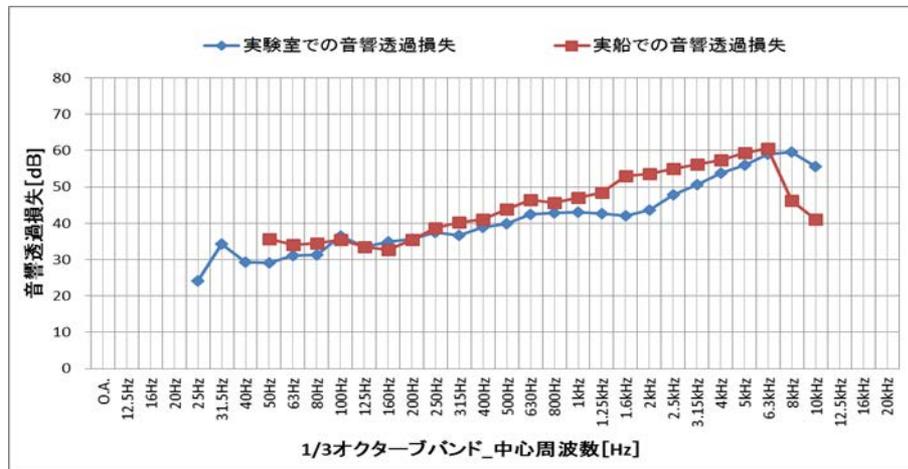
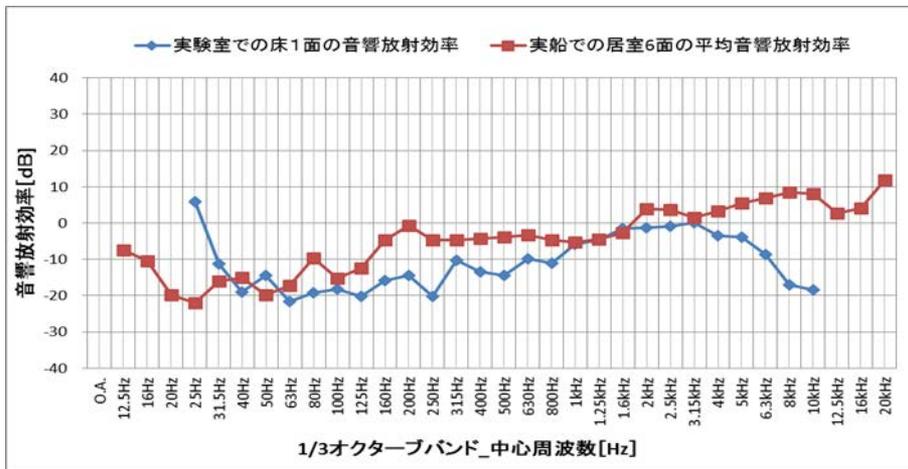
7.2 実船実験 試験結果

7.2.4 鋼板(8mm)+制振材C(1.3mm)+デッキコンポ(8mm)



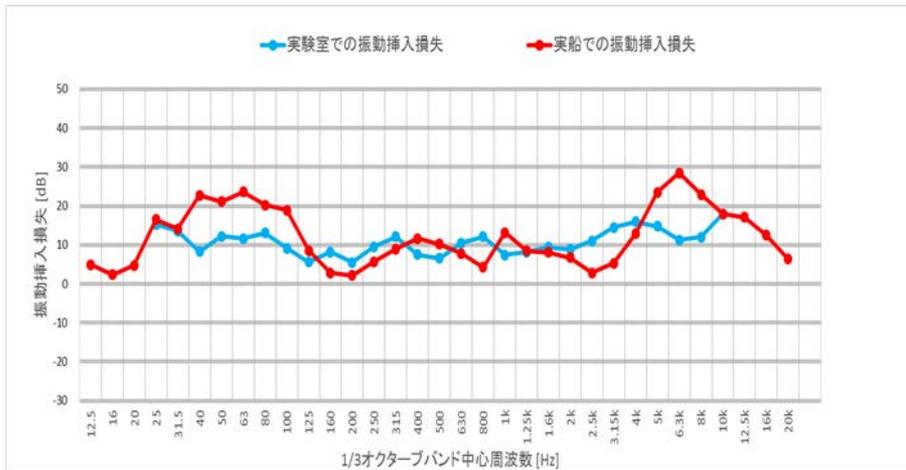
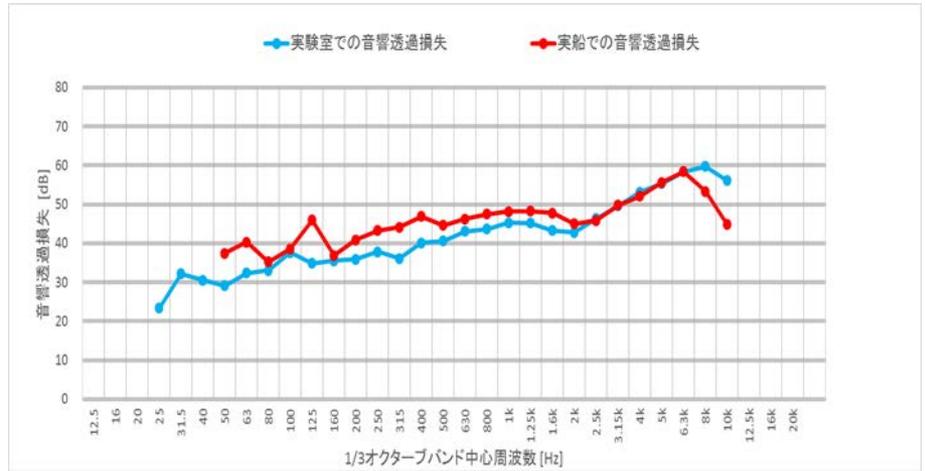
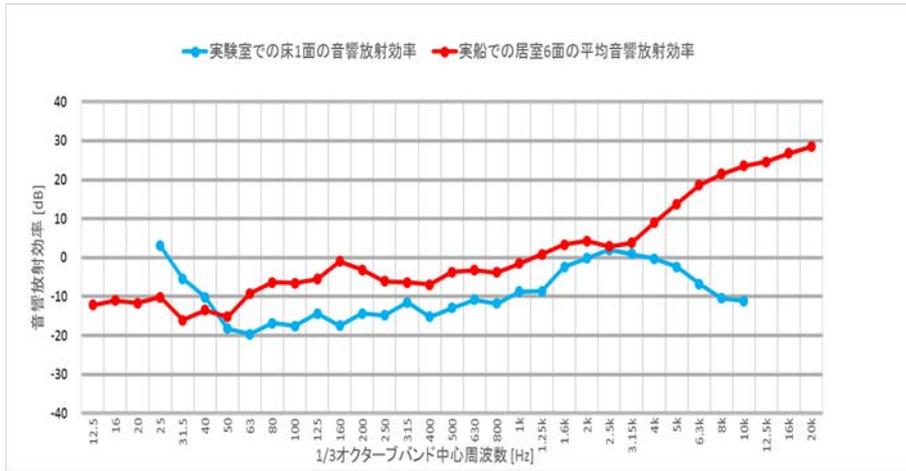
7.2 実船実験 試験結果

7.2.5 鋼板(8mm)+制振材D(2mm)+デッキコンポ(8mm)



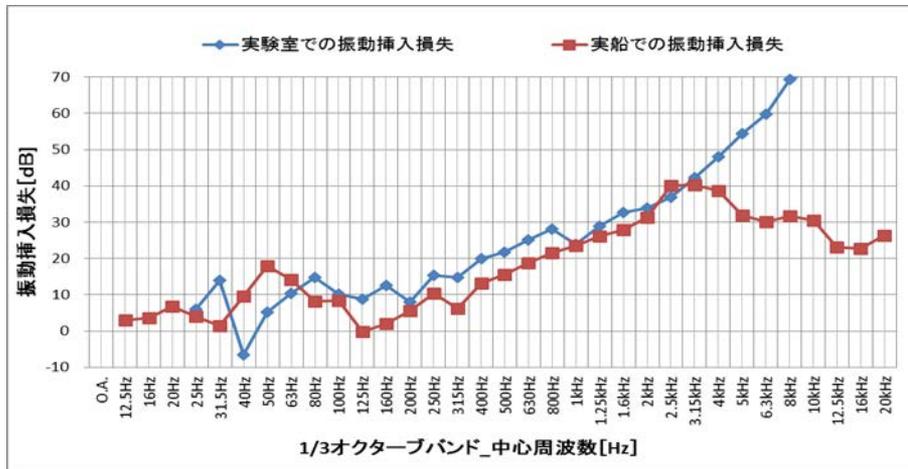
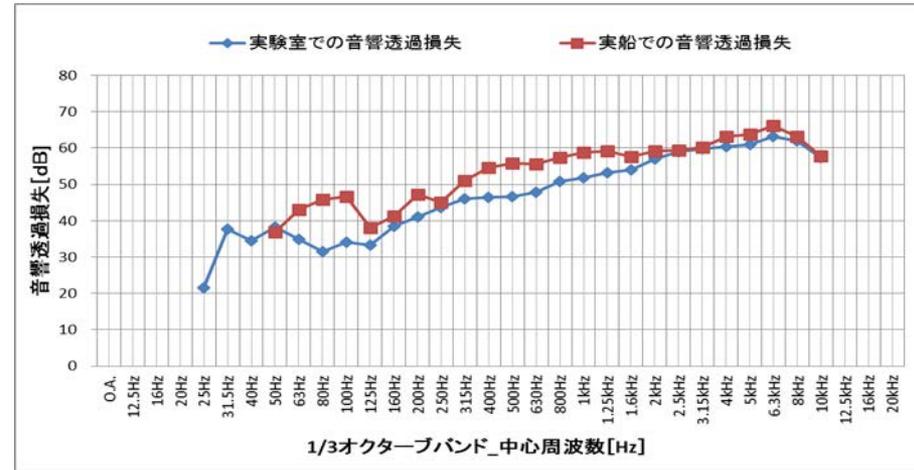
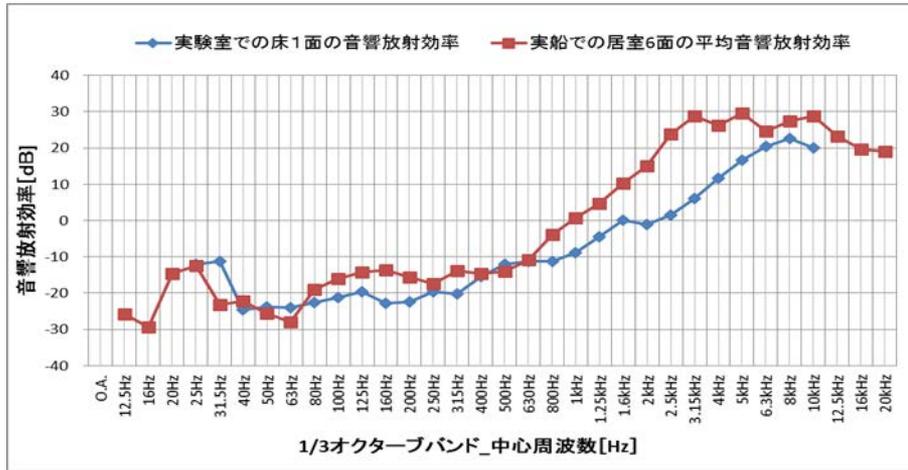
7.2 実船実験 試験結果

➤ 7.2.6 鋼板(8mm)+制振材E(4.7mm)+デッキコンポ(8mm)



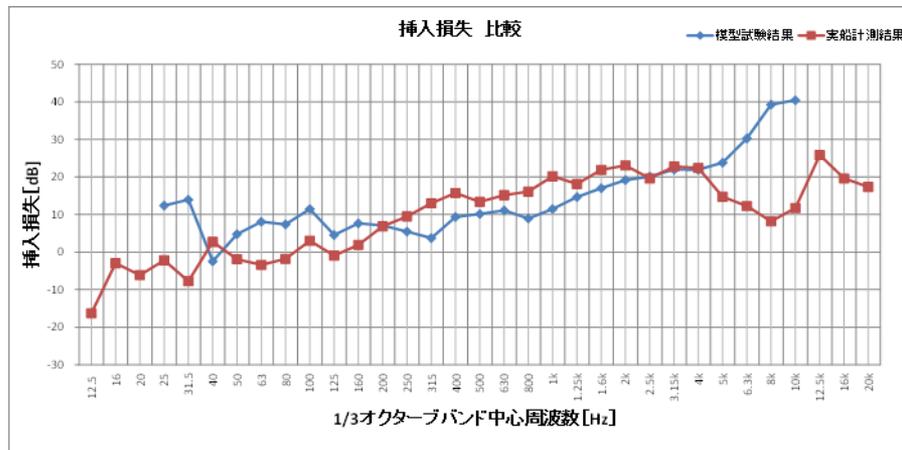
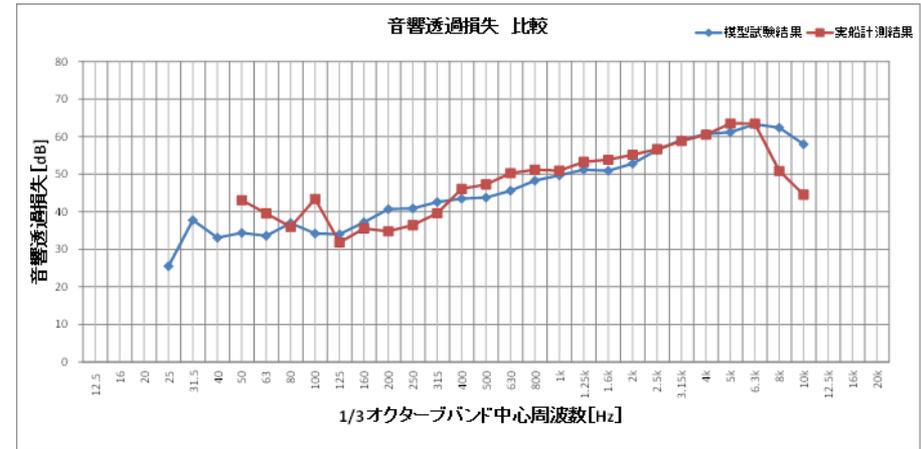
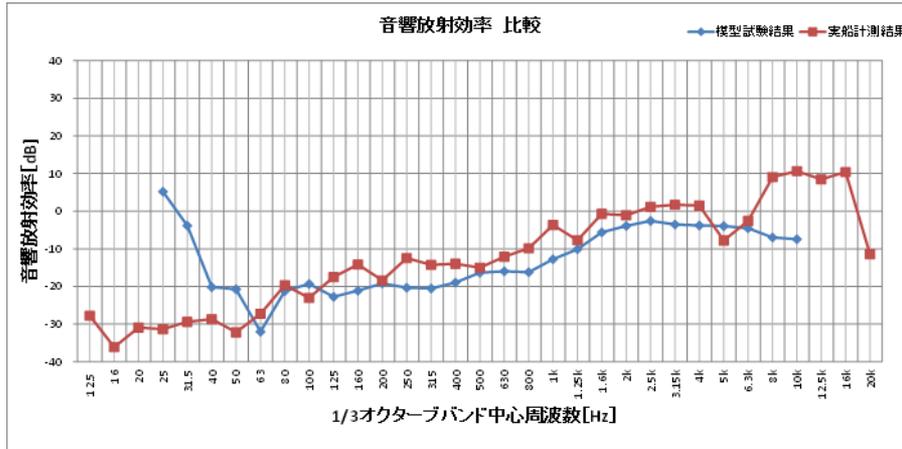
7.2 実船実験 試験結果

7.2.7 鋼板(8mm)+浮床A(37.3mm)+デッキコンポ(8mm)



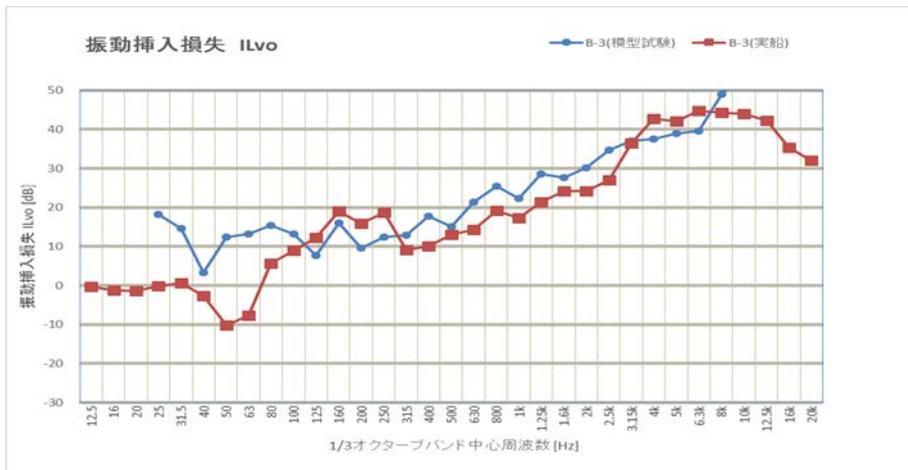
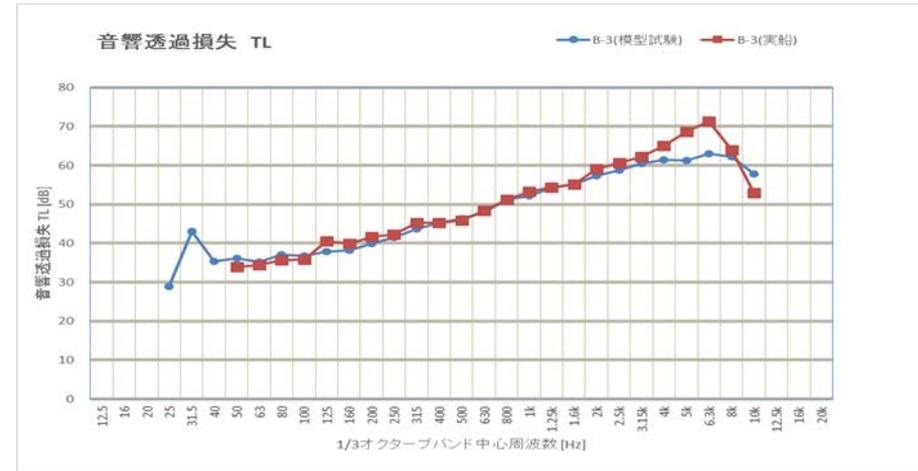
7.2 実船実験 試験結果

➤ 7.2.8 鋼板(8mm)+浮床B(53.2mm)+デッキコンポ(8mm)



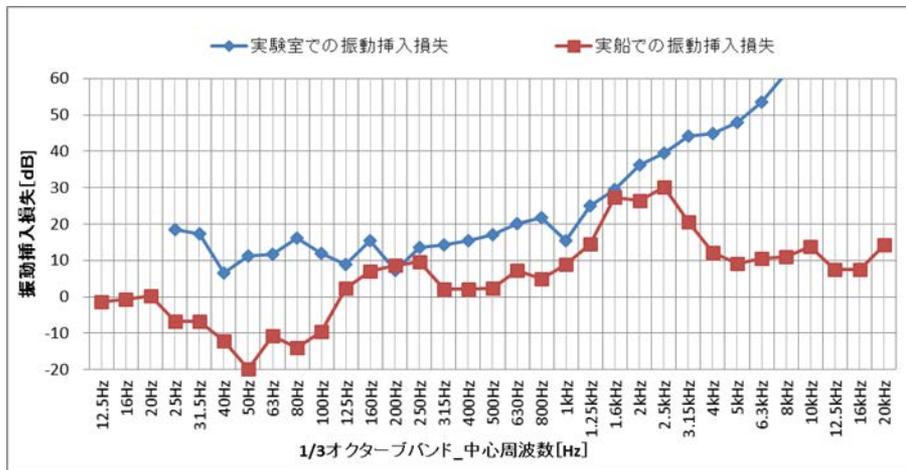
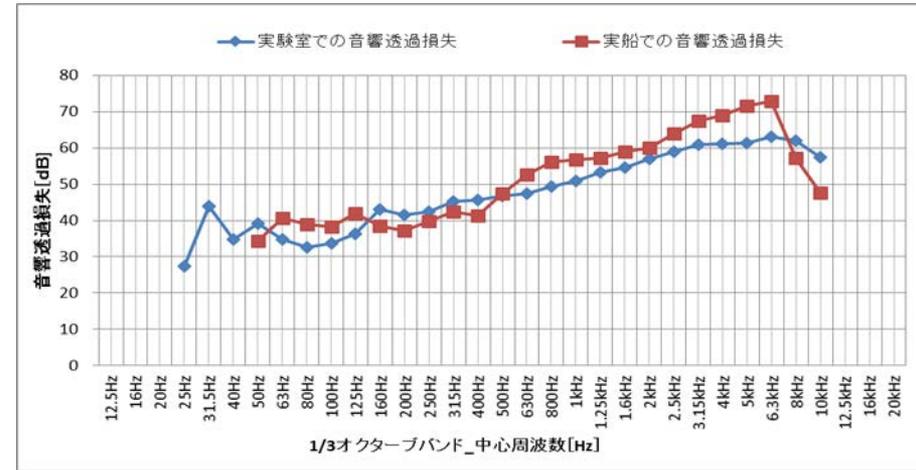
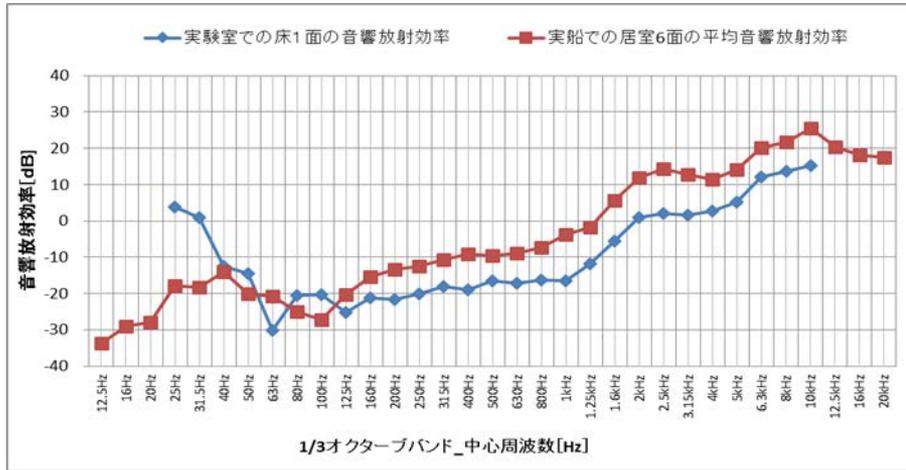
7.2 実船実験 試験結果

7.2.9 鋼板(8mm)+制振材D(2mm)+デッキコンポ(8mm)+浮床B(53.2mm) +デッキコンポ(8mm)



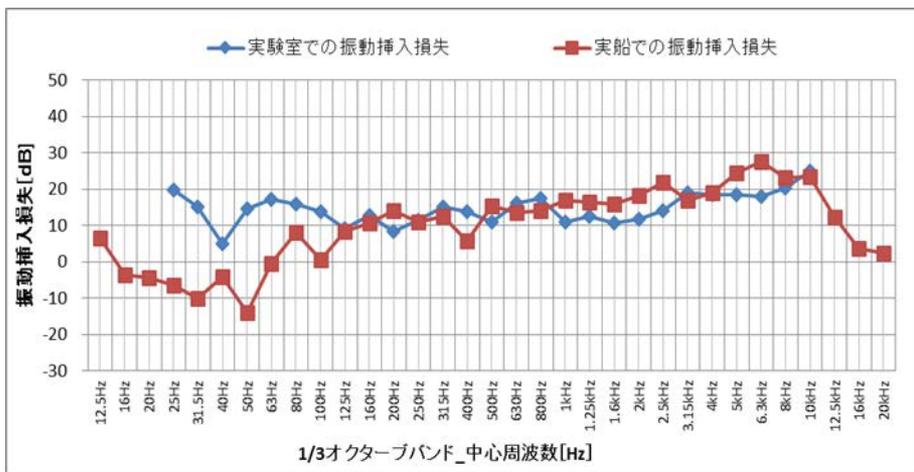
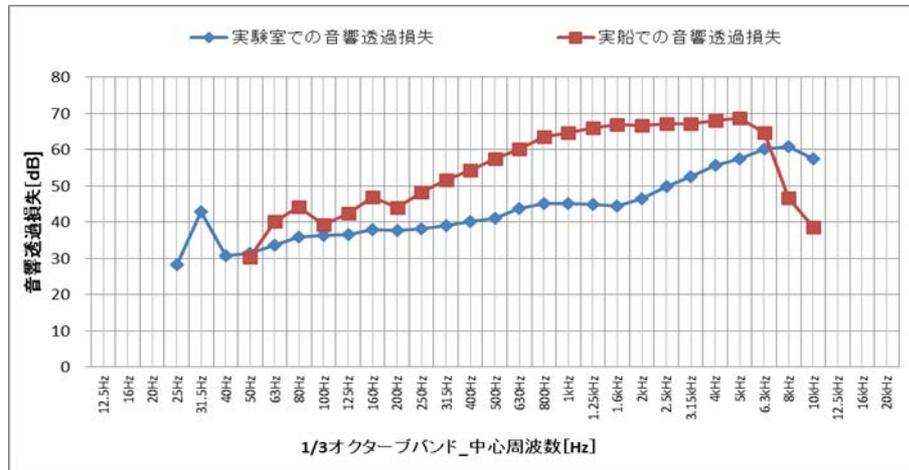
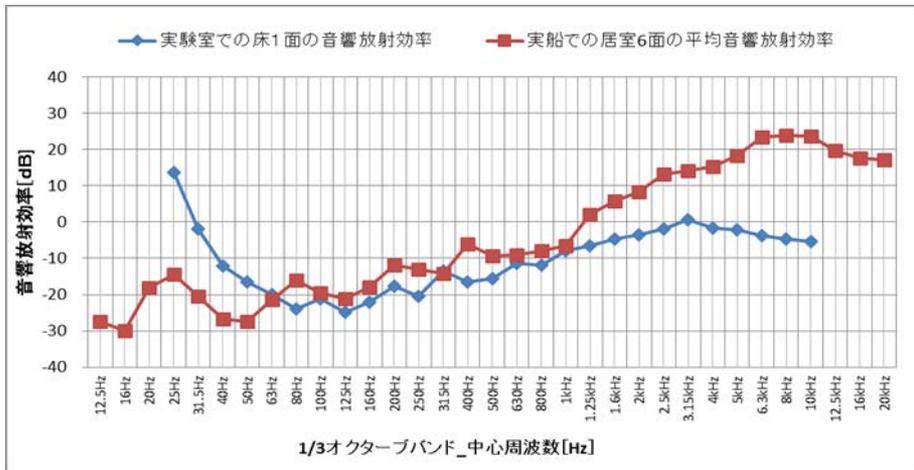
7.2 実船実験 試験結果

7.2.10 鋼板(8mm)+浮床B(2層)(106.4mm)+デッキコンポ(8mm)



7.2 実船実験 試験結果

7.2.11 鋼板(8mm)+デッキコンポ(8mm)+ビニルタイル(2mm) +制振材C(1.3mm)+デッキコンポ(8mm)



7.2 実船実験 試験結果

➤ 7.2.12 鋼板(8mm)+デッキコンポ(8mm)+ビニルタイル(2mm) +制振材D(2mm)+デッキコンポ(8mm)



8. まとめ

8. まとめ

本共同研究において、船舶の床甲板に対する各種騒音対策についてその効果を模型試験及び実船実験により検証し、騒音対策設計に有効な情報を得ることができた。主な成果は以下のとおりである。

- 制振型、浮床型の代表的な対策床甲板の振動及び音響特性(音響放射効率、音響透過損失、振動挿入損失及び振動伝達損失)を確認することができた。また、海上試運転後の不測の事態に備えた事後対策向けの甲板構造についても同様の情報を得ることができた。

8. まとめ

- 各床甲板について、実船で測定された振動及び音響特性（音響放射効率、音響透過損失、振動挿入損失及び振動伝達損失）は、模型試験の結果と概ね一致していることがわかった。そのため、実船の騒音対策の検討及び騒音予測計算を行うにあたり、模型試験の結果を一定の物差しとして利用可能であることを本共同研究により示すことができた。
- 新たな材料の振動及び音響性能を測定する際に、本共同研究で実施した模型試験の方法を利用できるよう、模型試験の方法を示すことができた。

振動及び音響特性試験、振動減衰特性試験では、以下の防音材メーカーに多大なご協力を頂きました。

- 昭和電線株式会社
 - 株式会社神戸タフ興産
 - 原田産業株式会社(積水化学工業株式会社)
 - クリヤマ株式会社
 - 大晃産業株式会社
 - 長崎船舶装備株式会社
- (順不同)

本研究開発では、一般財団法人日本海事協会、函館どつく株式会社、内海造船株式会社、尾道造船株式会社、株式会社名村造船所、サノヤス造船株式会社、株式会社新来島どつく、今治造船株式会社、佐世保重工業株式会社、株式会社大島造船所、常石造船株式会社、東海大学の共同研究体制のもと実施し、日本海事協会の「業界要望による共同研究」のスキームによる研究支援を受けております。

また、防音材料メーカー様には試験材料の施工等でご協力頂きました。

ここに関係者への謝意を表します。

終了