

不具合対応における教訓

内容

過去のVbase(振動・騒音トラブル対策事例)の発表内容の紹介

- ・事例1: オープングレーチング床版橋梁の防音対策
- ・事例2: 橋梁の交通振動対策
- ・事例3: 大型タイヤ試験機の振動対策
- ・事例4: 金属製板ラインの板振動対策
- ・教訓まとめ : 制振装置による振動対策の留意点

(株)神戸製鋼所 機械研究所 振動音響研究室 岡田 徹

Dynamics & Design Conference '13 2013 v_BASE フォーラム



「振動・騒音トラブル対策事例」

開催: 2013年 8月 26日(月)

9:00~17:50

場所: 九州産業大学キャンパス

講演室6

Coordinators : 一文字 正幸(東芝), 内海 政春(JAXA), 岡田 徹(神戸製鋼), 岡村 宏(芝浦工大), 廣田和生(三菱重工), 矢部一明(TEC), 山口和幸(日立), 渡部幸夫(東芝原子力エンジニアリング)

主査: 兼森祐治(西島) 幹事: 矢部一明(東洋エンジニアリング), 安達和彦(神戸大学)

事例1: オープングレーチング床版橋梁の防音対策 KOBELCO

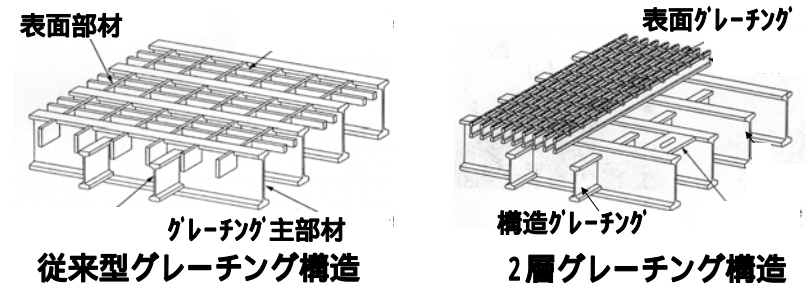


【対象】

オープングレーチング床版

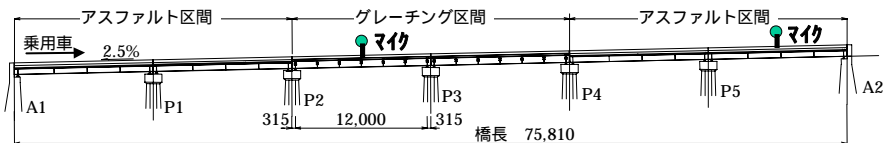
- ・軽量(コスト安)、耐風安定性良好、雪が積もりにくい。

構造(2層グレーチング構造)

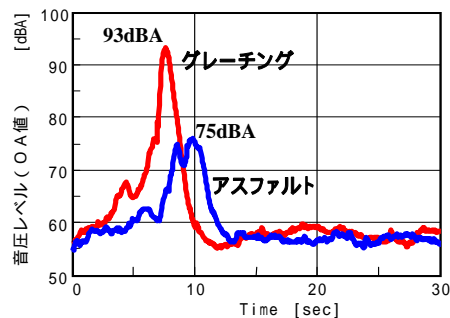


- ・すべり摩擦係数、走行特性、疲労耐久性の向上を目的。
- ・路面が痛んだ場合、表面グレーチングのみ容易に交換。

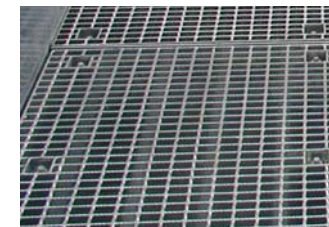
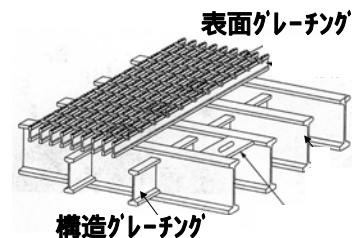
【発生した現象】



橋梁一般図と騒音計測点 (マイク高さ1.2m)

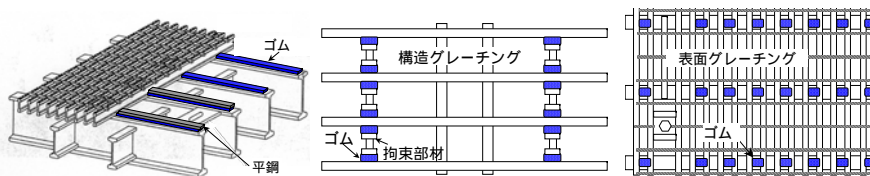


【原因推定】



- ・表面グレーチングと構造グレーチング間には、部分的に僅かな隙間が存在。
- ・車両走行時に表面グレーチングがたわみ、構造グレーチングに接触して衝撃音が発生する。
- ・減衰の小さい鋼材のみから構成されることから、騒音レベルが増大した。

【防音構造の提案】



対策1
ゴムを挟む



対策2
構造グレーチング防振



対策3
表面グレーチング防振

【各対策方法の実験検討】



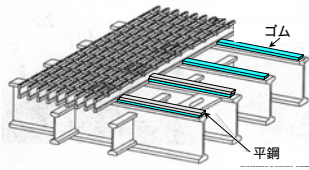
グレーチング床版供試体
(半無響室内で実施)



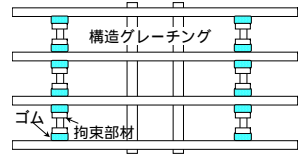
バンクマシーン

【実験結果】

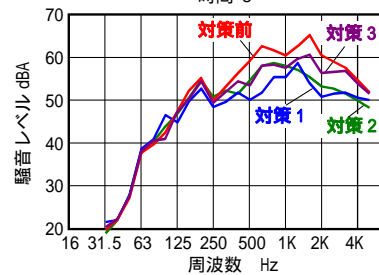
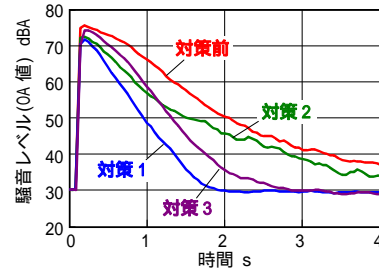
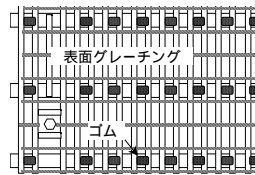
対策1



対策2

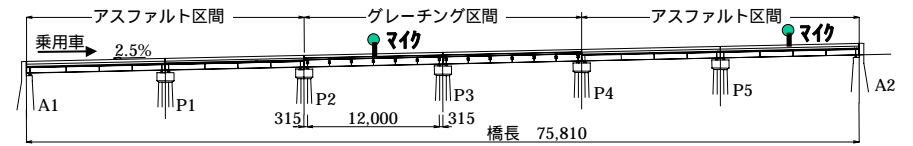


対策3

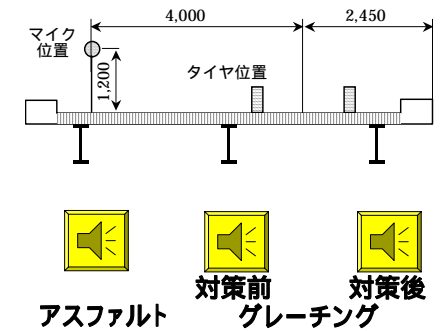


騒音特性(グレーチング上1.5m)

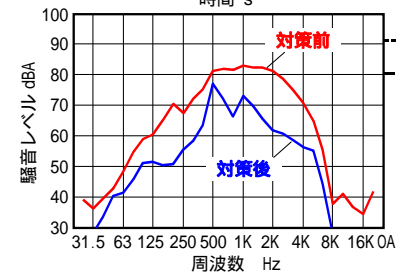
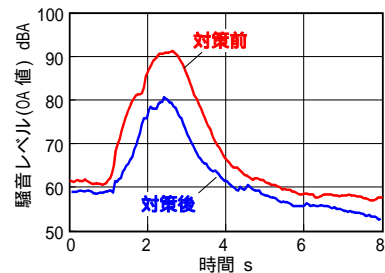
【実橋での対策結果】



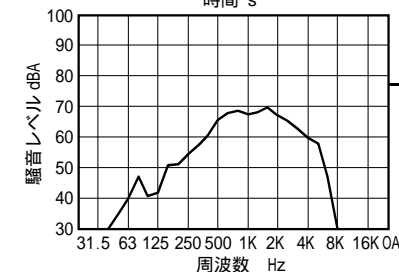
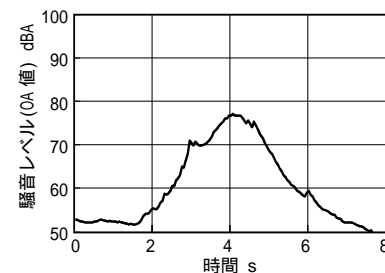
騒音計測点(マイク高さ1.2m)



【計測結果】



騒音特性(グレーチング)



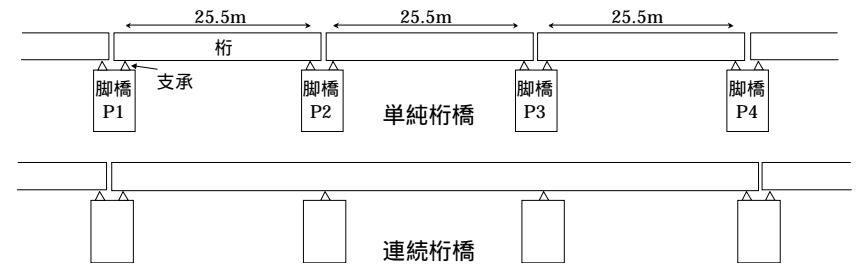
騒音特性(アスファルト)

【教訓】

- ・ 部品精度や組み立て精度、繰り返し荷重による変形などにより、本来接触すべきところに僅かな隙間が生じる場合は多々ある。騒音源となる可能性が高い為に、注意が必要である。
- ・ 減衰の非常に小さな構造物に対しては、制振性能の少ない普通のゴムでも高い防音性能を発揮できる。



- ・上下各線幅員約15mの4主桁橋
 - ・単純桁橋: 脚橋間毎に1本の桁 (参考)連続桁橋
 - ・1本の桁を複数の脚橋で支持。
 - ・剛性UP、ジョイント無し。
- 振動面で有利



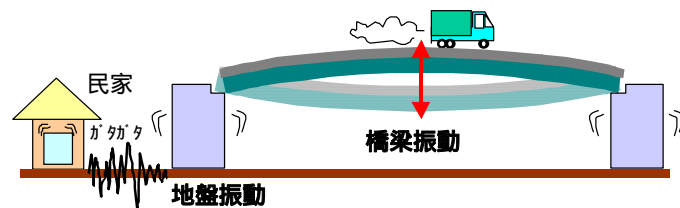
発生した現象

- ・道路境界から約20m離れた複数の家屋で、体感振動閾値(55dB)を超える地盤振動が発生。

原因推定

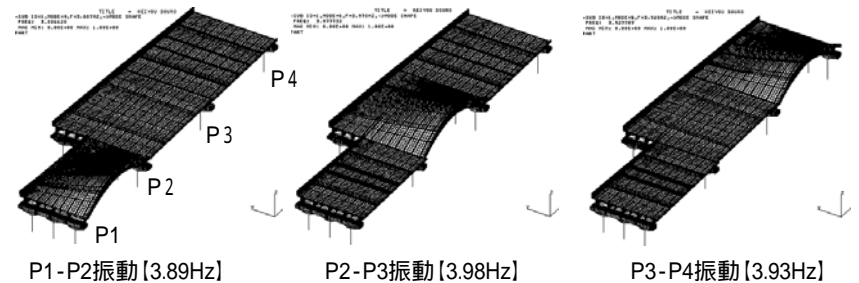
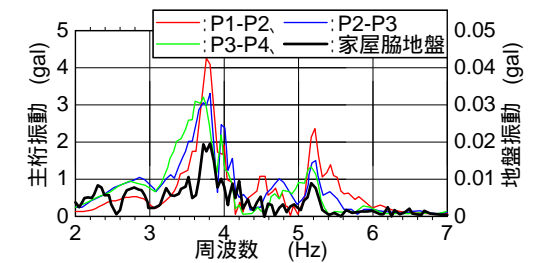
- ・対象橋梁は重交通量区間。大型車両の交通量の増加

橋梁振動の増加 脚橋 地盤 民家



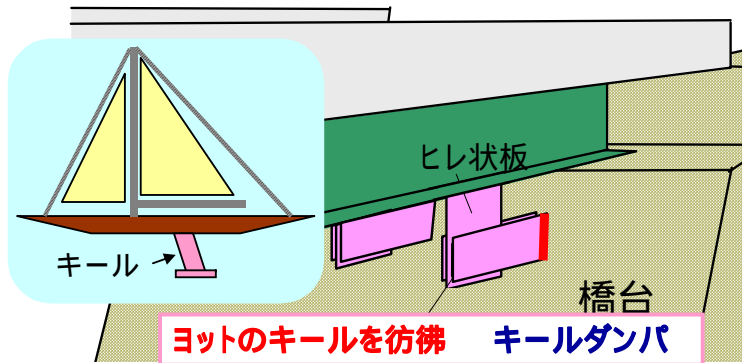
【解析・データ分析】

- ・家屋脇の地盤振動は3.7 Hz付近が大きい。
- ・各桁も同一振動数。
- ・FEMにより撓み1次モード。橋梁振動が地盤に伝播。P1~P4の桁振動と相関。



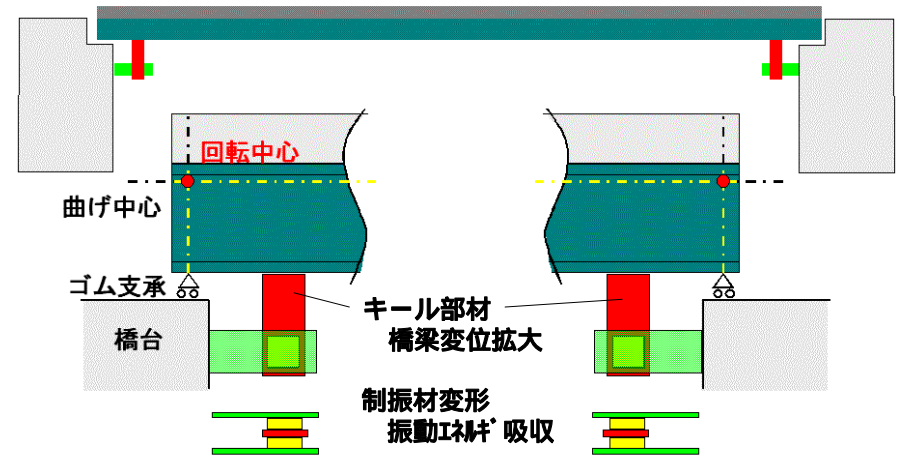
【対策方法】

- ・単純桁橋の高架橋の振動対策は、桁連結による連続化が一般的。
- ・対象橋梁では構造的に桁連結が困難。
- ・長期間となる工事による渋滞発生の問題。
桁下だけの工事のキールダンパ工法が採用。



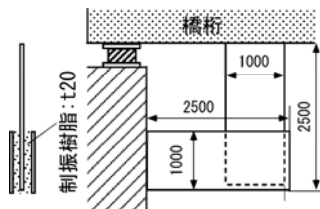
ヨットのキールを彷彿 キールダンパ

キールダンパの機構・動作原理

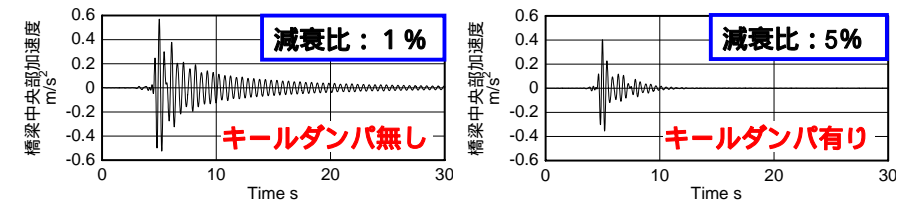


実橋による実証試験(當麻橋)

支間長60mの2主桁橋に設置 JH南阪奈道:當麻第一橋
耐風安定化が目的(2主桁橋:減衰小、捩れ振動数低)



付加減衰性能試験(當麻橋)

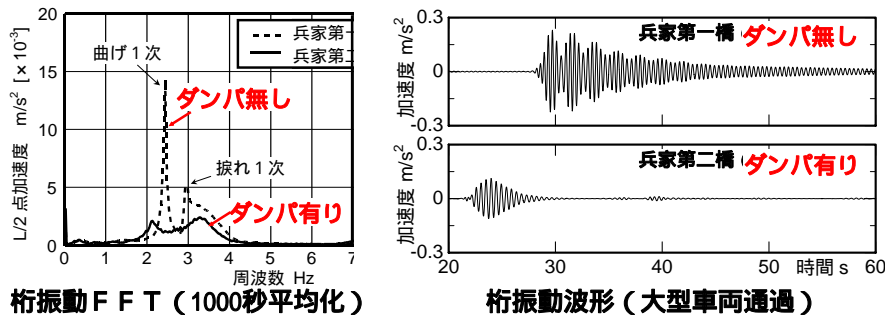


付加減衰比: 5% (対策後) - 1% (対策前) = 4%

車両走行振動に対する効果(當麻橋)



第一橋【50m：ダンパ無し】 第二橋【60m：ダンパあり】 橋梁全体



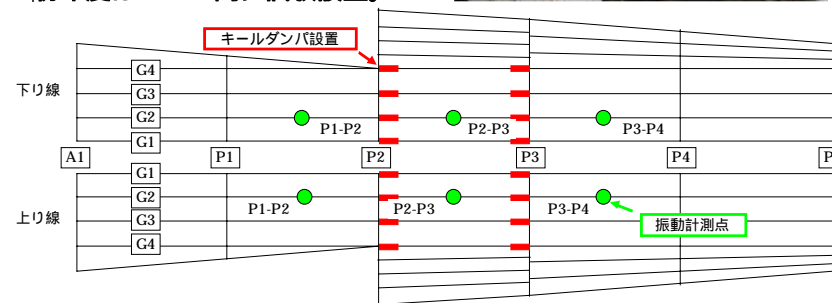
桁振動FFT (1000秒平均化)

桁振動波形 (大型車両通過)

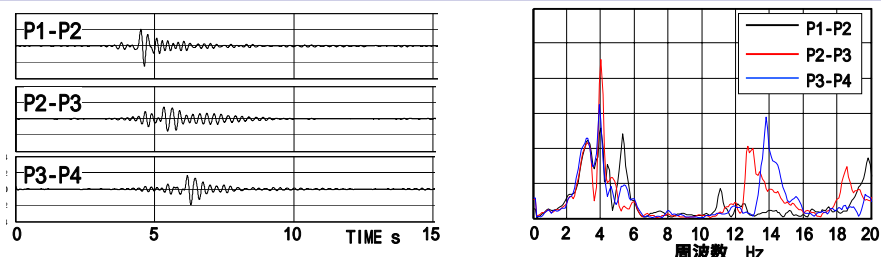
対策対象橋梁へのダンパ設置状況



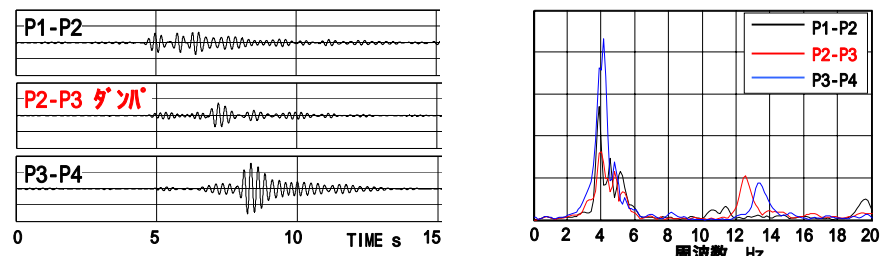
P1~P4の3径間に設置計画。初年度はP2-P3間に試験設置。



対策前後の桁振動特性



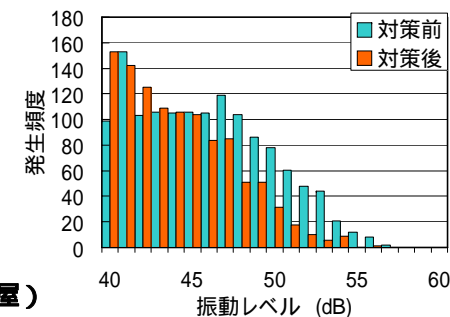
対策前の桁の振動特性 (加速度)



対策後の桁の振動特性 (加速度)

【対策結果】

- ・体感振動限界値55dBを超える振動発生回数は大幅に低減。
- ・住民のヒアリングからも同様な傾向の回答が得られた。
- ・3径間の予定が、1径間のみ。
- ・上り家屋の方が、より、振動レベルが低下(参考データ)



対策前後の地盤振動レベル(下り家屋)

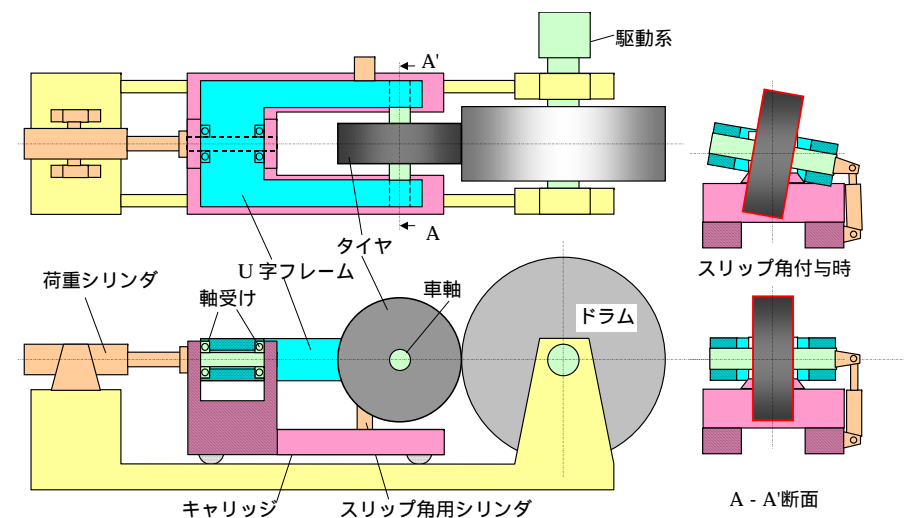
- ・多くの橋梁で地盤振動や低周波問題があるが、対策事例は多くない。
- ・動吸振器による対策も実施されているが、微少振動である交通振動に対する動作性やチューニングの課題がある。
- ・キールダンパが交通振動対策の一手法となり得ることが明らかとなった。
- ・本装置を含む制振装置全般の課題を講演最後にまとめる。



大型タイヤ試験機【対象機は他社機】

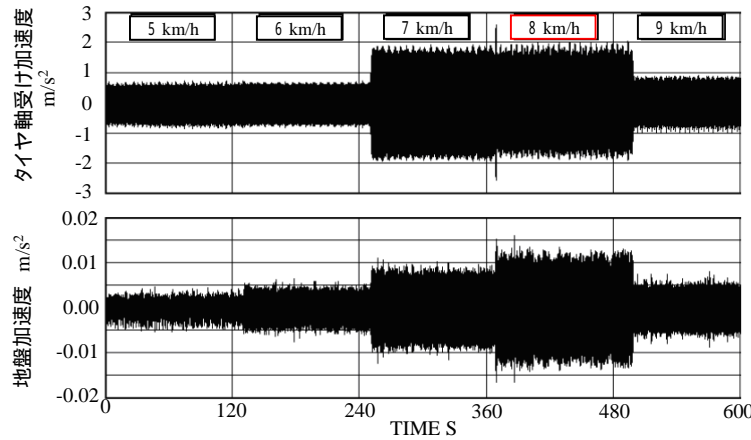


【対象】 大型タイヤ試験機の基本構造



【発生した現象】 【原因推定】 タイヤ軸受けの振動 **KOBELCO**

【発生した現象】ある特定の走行速度で実験を行うと、
地盤振動が発生して試験建屋周囲の事務所まで伝達。

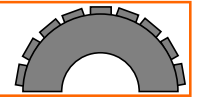


【原因推定】 タイヤ回転に起因した加振力と試験機の固有振動数が近接。
共振で振動増大。基礎を伝播して地盤振動となると推定。

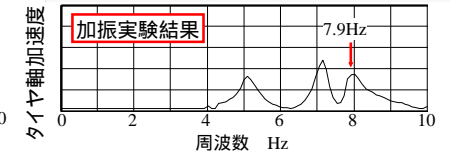
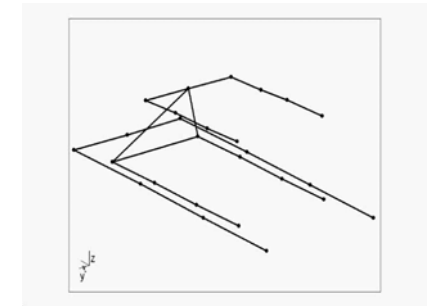
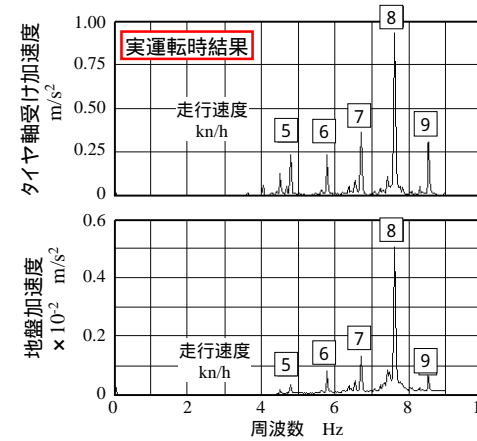
【解析・データ分析】 振動の周波数分析と加振実験 **KOBELCO**

- ・速度8km/h(振動大) 7.6Hzの振動発生。
- ・加振実験によりタイヤが上下に振動する固有振動が7.9Hzに確認された。

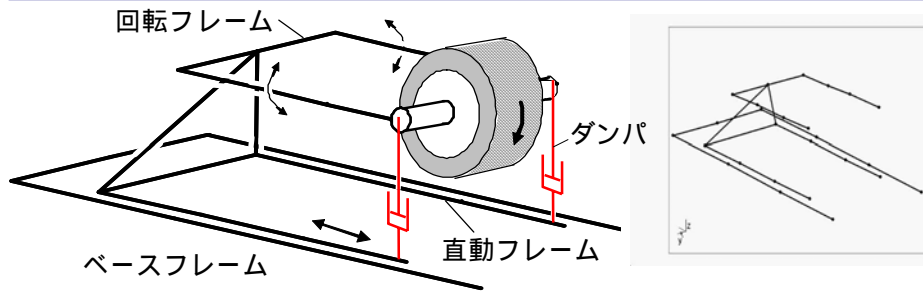
加振周波数 =
回転数 × トレッド数



共振問題と特定



【対策・結果】 対策方法の検討 **KOBELCO**



問題振動およびフレームの特性

- ・8km/h運転時に、フレーム先端に1mmの振動
- ・固有振動数7.9Hz、減衰比3%。
- ・回転フレーム先端はスリップ角に応じて位置変化。

必要スペック

- ・0.1mm以上で動作
- ・動作範囲 ± 150mm
- ・減衰係数 $C = 2 \times 10^5 \text{ N/s}$ 以上
- 1tonf以上の減衰荷重
(1mm@8Hz 50mm/s)

・ダンパーメーカーに相手にされず。
・ダンパの開発を行うことに...

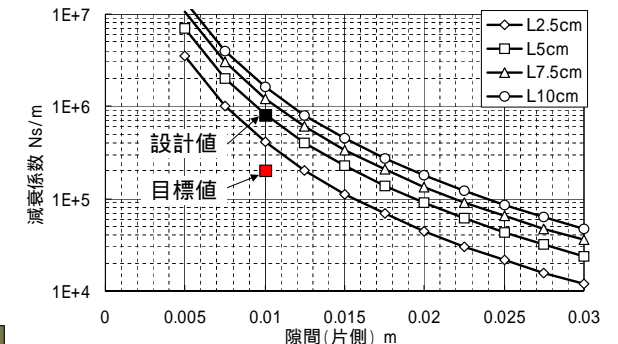
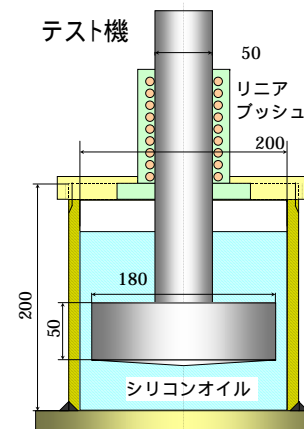
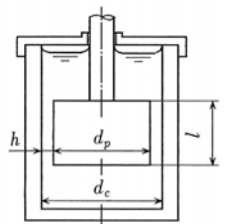
ダンパの基本設計 **KOBELCO**

オイルダンパの形式

- ・高粘性オイルを利用したオイルフィルムダンパ。
- 100万cstシリコンオイル利用。

ピストン径、高さ、隙間の設計。

$$c = 4\mu l(b/h)[3(A_p/A_o)^2 h + 3(A_p/A_o) + 1]$$



ダンパ実験結果1【失敗例1】

KOBELCO



実験前



真空引き時の気泡イメージ



- ・荷重がほとんど発生せず。
 - ・実験後に細かい気泡が大量発生。
- 真空引きの実施(真空チャンバー)

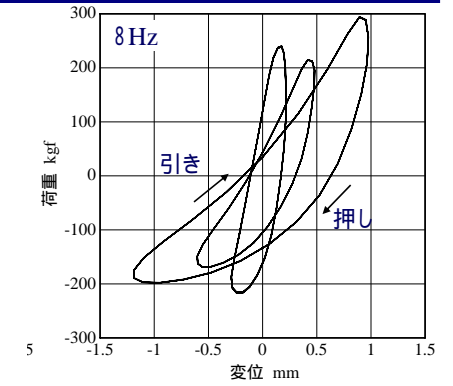
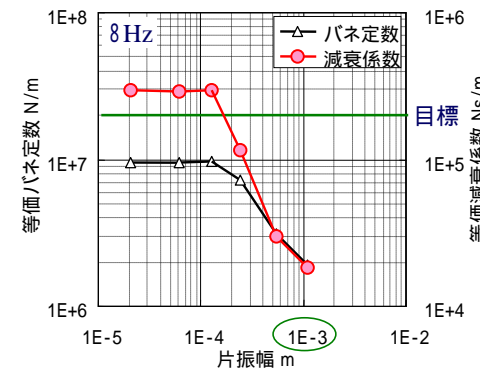
2013年10月4日

状態監視振動診断技術者コミュニティ 第5回ミーティング

p33

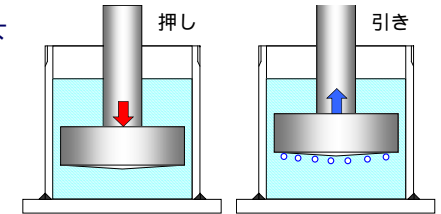
ダンパ実験結果2【失敗例2】

KOBELCO



振幅が増加すると、特性が急激に低下

- ・ピストンの引っ張り速度増加
- ・ピストン下面が飽和蒸気圧以下
- ・キャビテーションの発生



2013年10月4日

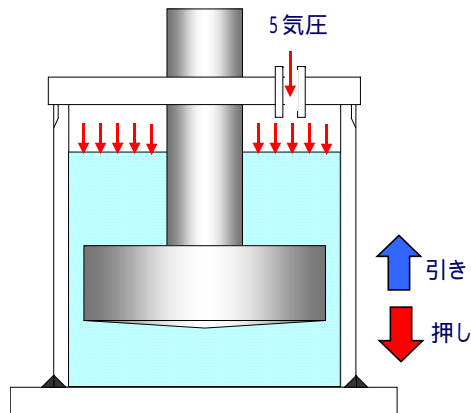
状態監視振動診断技術者コミュニティ 第5回ミーティング

p34

ダンパ構造の改良

KOBELCO

内圧を高めることにより、キャビテーションの発生を抑制



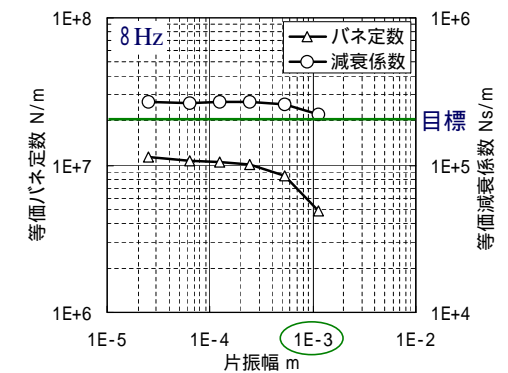
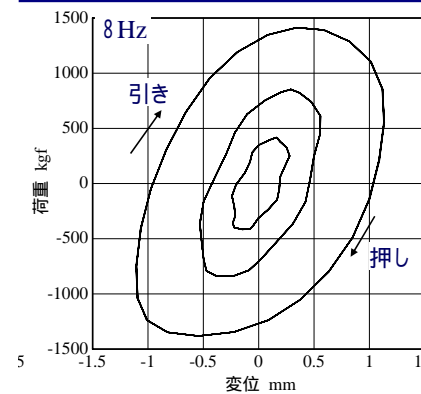
2013年10月4日

状態監視振動診断技術者コミュニティ 第5回ミーティング

p35

ダンパ実験結果3【成功例】

KOBELCO



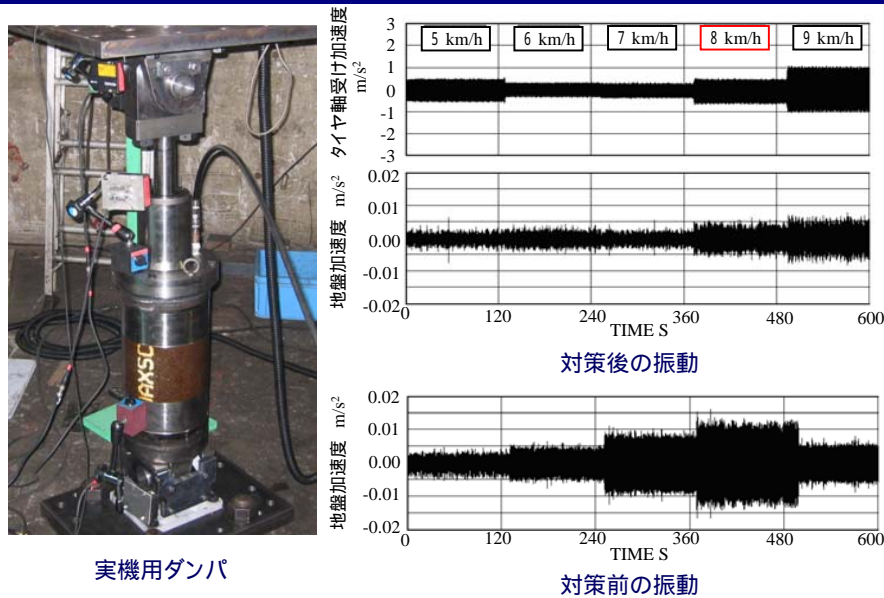
内圧を高めて実験(5気圧)

- ・振幅1mmまでの減衰係数の低下は僅か。目標満足。
- ・減衰係数は設計式($9 \times 10^5 \text{Ns/m}$)の約1/3の $c=3 \times 10^5 \text{Ns/m}$ 。
- ・他周波数は、4Hzで $c=5 \times 10^5 \text{Ns/m}$ 、16Hzで $c=2 \times 10^5 \text{Ns/m}$
- ・周波数増加で減衰係数低下 粘弾性体としての特性。

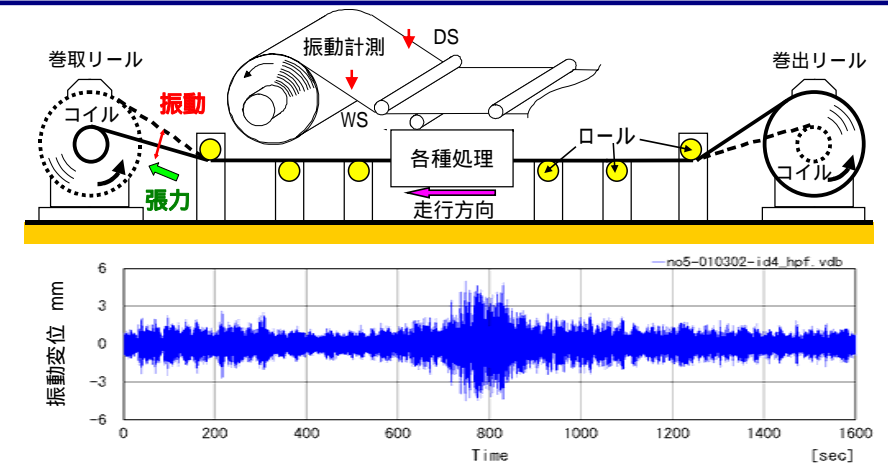
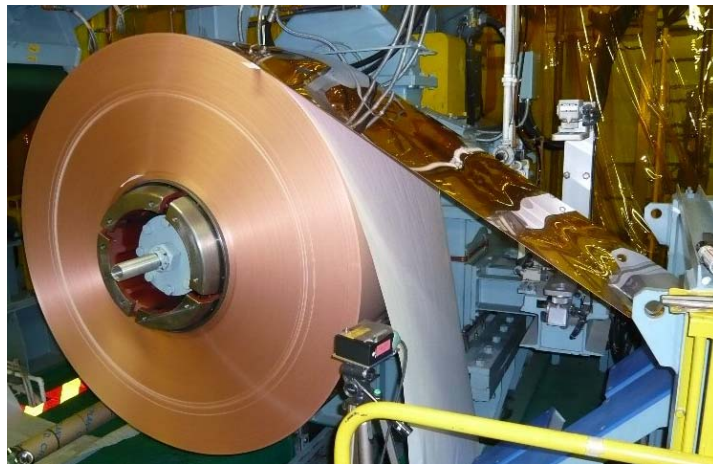
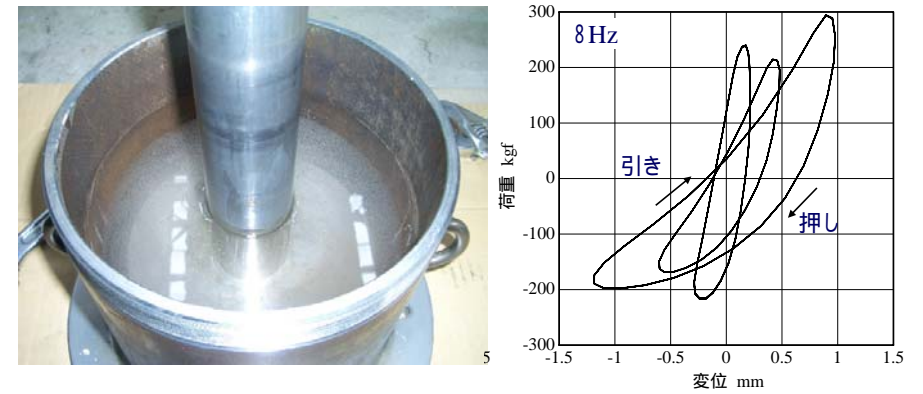
2013年10月4日

状態監視振動診断技術者コミュニティ 第5回ミーティング

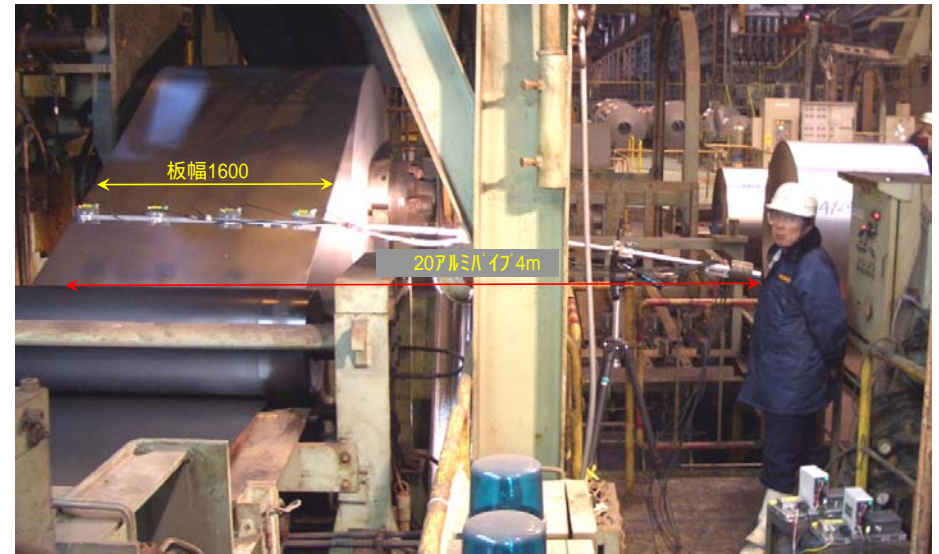
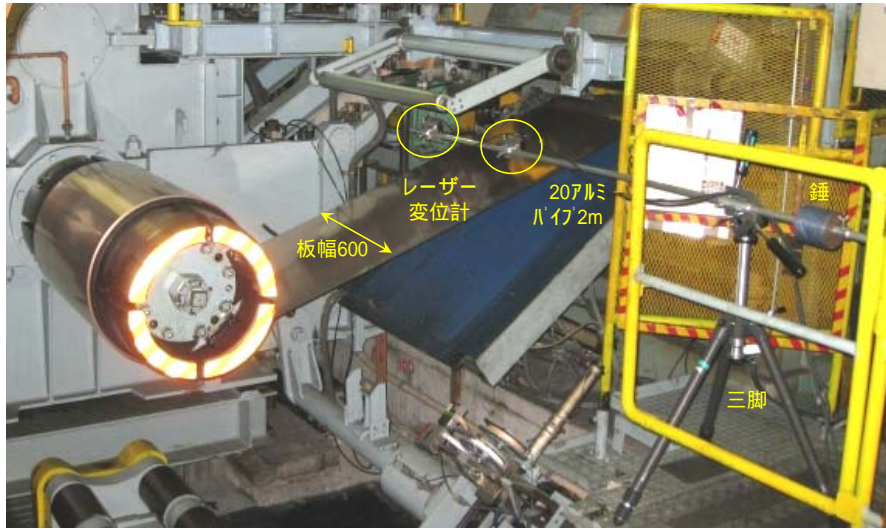
p36



- ・オイルダンパの基本理論は難しくないが、実際に製作すると簡単には思いうような特性は出ない。
気泡の除去、キャビテーションの問題。
- ・高粘性オイルタイプは周波数依存性や弾性係数(粘弾性)が増加する。

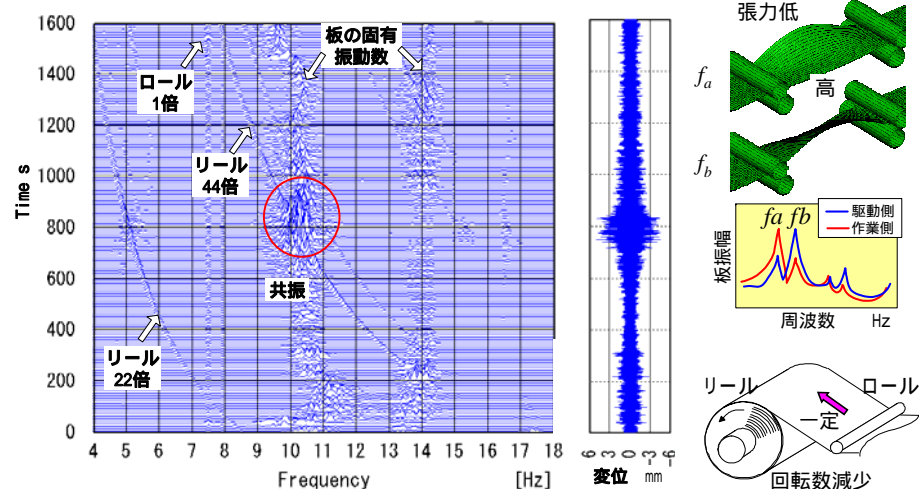


- ・通板中に大きな板振動が発生。しばらくすると板振動は収まる。
- ・複数回振動が大きくなることもある。DSとWSで発生が異なる場合もある。
ライン内で加振力が発生し、板の固有振動数と近接すると共振。

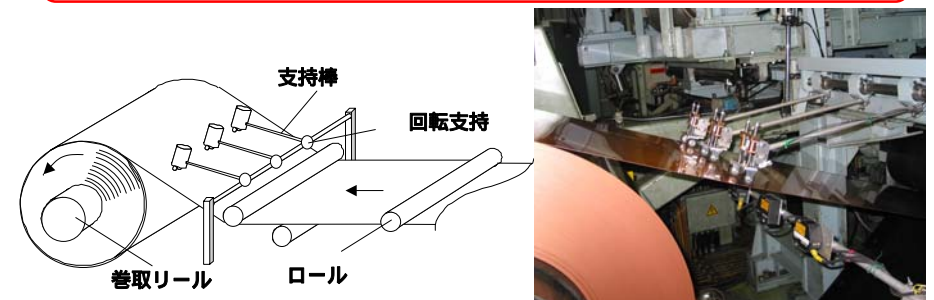
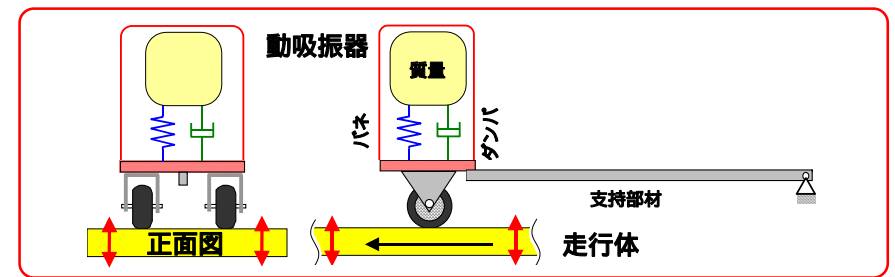


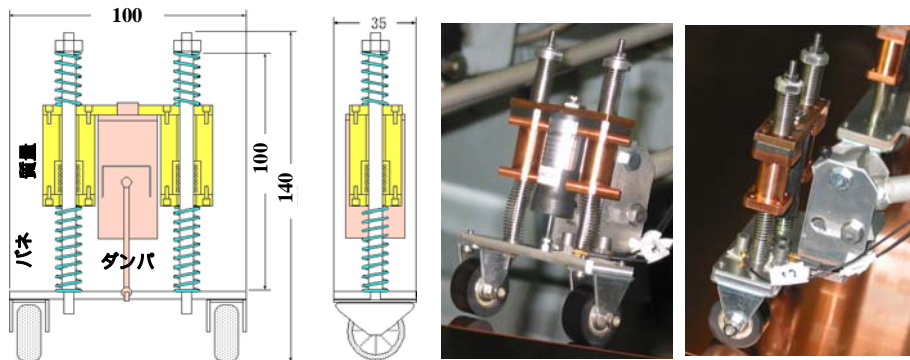
【解析・データ分析】ランニングスペクトルによる分析 KOBELCO

- ・板の固有振動数: ロール間隔と板形状、密度および張力による【弦の式】。
- ・加振力: 時間とともに振動数が減少。巻取リールの回転数に比例【モータ回転数】
- ・金属板は減衰が小さく、小さな加振力でも大きな振動が発生。



【対策】動吸振器による対策



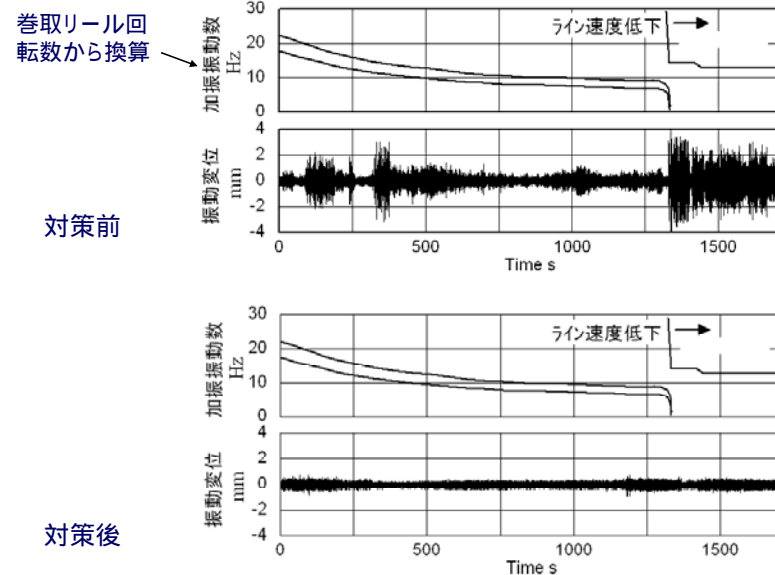
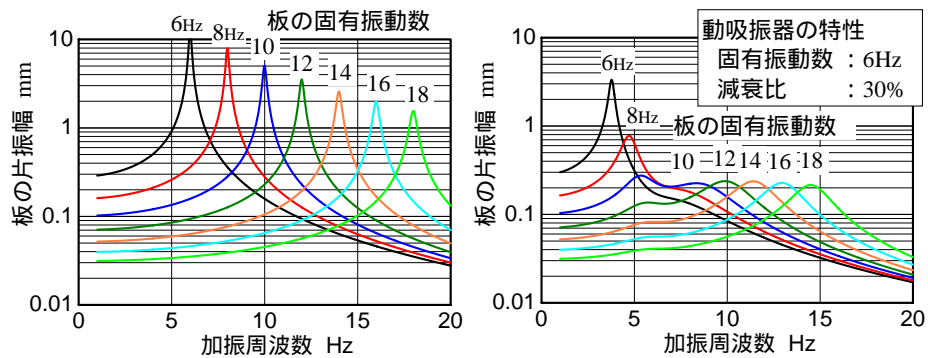


可動質量部：200g、非可動質量部：200g、全体重量：400g

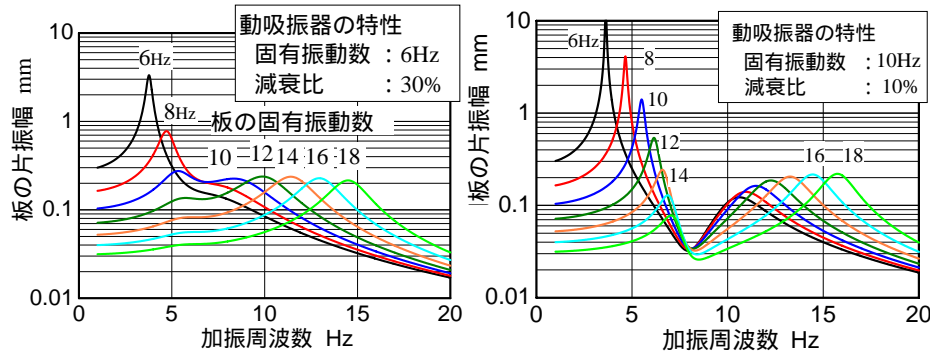
3台合計の等価質量比：数 1 0 % （大きな質量比）



- ・2自由度系(板の等価質量と、動吸振器質量)の応答解析を実施
- ・板の固有振動数(6Hz~18Hz)の広い範囲で振幅を低減するパラメータ。
- ・質量比の大きな動吸振器。高い振動数ではフードダンパとして作用。



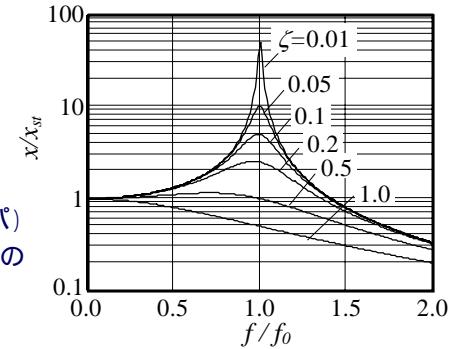
- ・共振に対して動吸振器は有効であるがチューニングには注意が必要。
- ・当初10Hzに調整していたが、板の張力が低い条件の時(主系の固有振動数が低い時)に逆に振動が増加するといった問題が発生した。
- ・自重で置くだけの本構造の場合、加振力が大きい時に装置が飛び跳ね、逆に振動を大きくすることもあった。副系の振幅にも注意必要。6Hz化で問題解決。



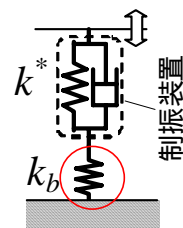
- ・減衰付加や制振装置による対策は元々の構造物の減衰が小さく、共振に近い場合に有効。減衰が大きい場合や、共振状態から離れている場合は効果少。
- ・振動が大きい = 共振ではない。加振力が大きい場合もある。
- ・振動特性を十分に把握した上で、対策案を決定する必要がある。

- ・橋梁の振動対策(粘弾性ダンパ)
- ・最初の2主桁橋梁。減衰0.5%。:効果大
- ・負荷減衰2%で、トータル2.5%。5倍。
- ・地盤振動対策橋梁。減衰2%。:効果小
- ・負荷減衰2%で、トータル4%。2倍。

- ・タイヤ試験機の振動対策(オイルダンパ)
- ・実振動レベルでの固有振動数や減衰比の精度良い算出が困難。(振幅依存性)
- ・ダンパの効果見積もりに苦慮。



- ・ダンパや制振装置の取り付け箇所の剛性を十分に高める必要がある。ガタはもってのほか。
- ・ダンパ部自体の変形が低減し、結合部の弾性変形が支配的になると減衰小。
- ・装置の取り付けは、ボルト結合等が多く、評価が難しい。取り付けフランジの変形にも注意。強度で設計するのではなく、剛性で設計する。
- ・橋梁用制振装置、大型タイヤ試験機の制振



- ・動吸振器は、加振周波数が変化する場合、減衰要素は必須である。しかし、良い減衰要素はなかなかない。
- ・ガタがあったり、摩擦が大きい装置では、小さな振動に対して効果無し。
- ・粘弾性体を利用するとガタや摩擦無しの減衰が付加できるが、そのバネ特性が固有振動数にも影響。温度でバネ特性が変わるので難しい。
- ・エアダンパを使う場合、減衰係数を上げようとして、絞り量を増やすと、バネ特性になることに注意。
- ・動吸振器の副系の振動は大きくなることから、装置の可動範囲や減衰部の温度上昇にも注意が必要。
- ・金属製板の板振動対策(動吸振器)。

