

5. 振動・振動制御

とりまとめ：松本 信之（鉄道総合技術研究所）

論文題目：“道路橋振動対策としての運動量交換型衝撃吸収ダンパーの研究”

著者：長船寿一，中村俊一，水野恵一郎，加藤久雄，植田知孝
掲載：Vol.56A, pp.261-274, 2010年3月

◆討議 [深田幸史（金沢大学）]

ダンパー機能として1台走行の場合には効果があることが論文から理解できますが、連行した場合でも効果があるのでしょうか？

◆回答：今回のモデル実験により運動量交換型衝撃吸収ダンパー（以下「衝撃吸収ダンパー」という）の振動低減効果として、衝撃吸収効果とインパクト効果の二つが有る事が分かりました。インパクト効果は、衝撃吸収ダンパーが床版に再接触することにより振動を減衰させています。そのため、車輦が連行した場合でもインパクト効果は得られるものと考えております。しかし、衝撃吸収効果の方は、衝撃吸収ダンパーが床版と接触している場合にのみ効果が得られるものです。そのため、衝撃吸収ダンパー1基の設置を仮定すると、先行車輦の通過に伴い、衝撃吸収ダンパーが床版から離れている間に、次の車輦による衝撃荷重が加わった場合は、振動低減効果は得られないと考えられます。従って、車輦が連行した場合でも衝撃吸収効果を得るためには、複数のダンパー設置やダンパーの設置位置の検討により、常に床版とダンパーが接触している状態を作り出す工夫が必要と考えております。

◆討議 [松本信之（鉄道総合技術研究所）]

ご提案のメカニズムで衝撃応答を抑えようとする場合、振動特性面からみた評価も重要ですが、その効果が変位の大きさに依存する面があるのではないかと思います。実験の変位レンジが実際と比べて相当大きく、有利に働いているように思います。実構造物において効果が発揮されるのでしょうか？

◆回答：これまで、運動量交換型衝撃吸収ダンパー（以下「衝撃吸収ダンパー」という）が道路橋の振動対策として適用された事例や知見は少なく、ほぼ情報量ゼロからのスタートでした。そのため、道路橋という大型構造物に対し、衝撃吸収ダンパーによる振動低減が可能か否かについても分からない状態でしたので、まず、モデル実験により、対策工としての可能性を確認することと致しました。モデル実験の条件を設定するうえで、加振力を如何ほどにするのかを議論した結果、過去において道路橋で計測された床版振動の値を参考とし決定することと致しました。その結果、落下質量により加振された床版の振動加

速度を約300galで統一して実験を行うこととし、この時の床版の変位量を計測しております。加振直後の変位量は約0.2mmと成っており、確かにご指摘のように一般的な橋梁において、車輦通過に伴う変位量としては大きいと思われませんが、論文の中の図-26において入力小さい場合の実験ケースを掲載致しました。これによる変位量は約0.05mmで一般的な橋梁の変位量に近いと思われま。この実験ケースでは、衝撃吸収効果、インパクト効果は変位が0.2mmの場合よりは小さい結果と成っておりますが低減効果は見られます。従って、入力が小さい場合においても衝撃吸収ダンパーが床版から離れる事が出来る接触部の構造やバネ定数を適正に検討する事により、変位量が小さい場合においても振動を低減する事が出来るものと考えております。

論文題目：“神経振動子を組み込んだ歩道橋の動的応答解析に関する基礎的研究”

著者：米田昌弘

掲載：Vol.56A, pp.253-273, 2010年3月

◆討議 [深田幸史（金沢大学）]

論文に示されている検討結果は、一人歩行によるものでありますが、群衆歩行で解析するとどのような結果となるのでしょうか？

◆回答：すべて同じ特性値を有する神経振動子でモデル化しましたが、150人の歩行者が歩行する場合の動的応答解析もすでに実施しております。この解析結果によれば、群衆に起因した歩道橋の水平応答は単純に増加せず、うなりを呈しながらゆっくりと時間をかけて発達する複雑な応答特性を示しております。実際の群衆をイメージすると神経振動子の特性値も個々に変化させる必要があるかと思いますが、この場合の応答特性はさらに複雑なものになると予想されます。ただ、ミレニアムブリッジの歩行実験でも、引き込み現象が生じて大きな水平振動応答に発達するのにきわめて長い時間を要しており、本解析結果は、実際の水平振動に対しても、ある程度の対応性は認められると考えております。

◆討議 [中島章典（宇都宮大学）]

神経振動子を組込んだ解析が歩道橋の挙動を適切に解析できるとのことですが、これは必ずしも厳密解ではないと思われま。この解析結果の実現象の対応関係はどのようになっているのでしょうか？

◆回答：従来の解析では、応答振幅に依存した歩行者の引き込み特性を一切考慮できませんでした。これに対し、神経振動子を組み込んだ動的応答解析は、応答振幅に依存した歩行者の引き込み現象を考慮でき、実現象に近い挙動を解析できる手法になり得ると考えております。それゆえ、今後は、実測結果との対比も行って、神経振動子の最適パラメーターを決定すべく、研究を継続する所存です。

論文題目：“端部分離した外ケーブル併用 PC 吊床版歩道橋の振動使用性”

著者：深田幸史，梶川康男，日出平洋一，河島淳一
掲載：Vol.56A, pp.274-286, 2010年3月

◆討議 [米田昌弘 (近畿大学)]

論文の図-14 に示されている振動速度のうなり波形は、高次モードが誘起されているためにうなりに見えるのでしょうか？

◆回答：うなり波形に見えるのは、たわみ逆対称2次振動のモード形状に対応した波形になっているためです。たわみ逆対称2次振動の節位置を歩行した場合は振動が励起されないため、観測される速度波形が小さくなっております。逆に腹位置を歩行した場合は大きく振動するため観測される速度波形も大きな応答を示しています。

◆討議 [米田昌弘 (近畿大学)]

正弦波の正の部分だけを入力した場合に、解析値と実測値が良く一致しているのは、完全な共振歩行ができない効果も含まれていると考えて宜しいのでしょうか？

◆回答：正確には、スペクトルの卓越が2つの山になっていますので、完全な共振歩行になっていないと考えられます。

論文題目：“高速カメラを用いた低周波振動源検出に関する検討”

著者：辻徳生，鍵村俊哉，由良慎二，中村秀治
掲載：Vol.56A, pp.287-295, 2010年3月

◆討議 [米田昌弘 (近畿大学)]

論文の図-20 に示されたスペクトル解析結果の分解能はどのくらいなのでしょうか？また、十分な分解能であるとお考えでしょうか？

◆回答：図-20 での分解能は約2Hzです。20Hzのスペクトルピ

ークを確認するためには十分な計測時間であると考えています。本実験では、計測時間を短くしていますが、計測時間を長くすれば分解能が上げることができます。

◆討議 [松本信之 (鉄道総合技術研究所)]

非接触の振動測定法は他に色々あると思われま（例えばレーザー・ドップラー計などを用いたものなど）。そのようなものと比較して、ご提案の手法のメリットはどのようなところにあるのでしょうか？

◆回答：ビジョンによる計測のメリットとして、多点の同時計測ができることがあげられます。振動周波数だけでなく振動モードも計測できます。また、点間の位相差も計測できます。

◆討議 [松本信之 (鉄道総合技術研究所)]

実験室における計測精度確認で用いた変位のレンジは大きく、実測における変位のレンジとの間に差があるように見えます。実測における精度が十分といえるのでしょうか？

◆回答：ご指摘のとおり、実測におけるレンジと実験室のレンジは異なっております。しかしながら、実験室での確認では、4mの距離から1mmの振幅の計測が可能であることを確認しています。測定距離と計測精度は比例するため、0.5mからの計測であれば、約0.1mmの振動が計測可能であるといえます。したがって、実測の変位レンジは計測可能な範囲であるといえます。

◆討議 [深田幸史 (金沢大学)]

ご提案の手法では、どのくらいの距離から計測して何mm振幅まで計測が可能なのでしょうか？

◆回答：4mの距離から1mmの振幅が計測できることは確認いたしました。光学系をより望遠のものにし、レーザー光の強度を上げることにより計測距離を伸ばす、あるいは、計測精度をあげることができます。一方、計測精度と計測範囲はトレードオフの関係にあり、計測精度を向上させると計測範囲が狭くなります。

カメラのサンプリングレートの向上により、時間分解能は十分なものとなりました。一方で空間分解能はそれほど大きく向上していません。したがって、微小な振動を計測するためには計測範囲を狭めることとなります。計測範囲が狭い場合でも、多点同時計測できるカメラの利点を活かすために、複数のカメラを用いる、あるいは、ミラーを用いて多方向の計測をすることを考えています。また、高フレームレートのカメは市販されており、価格面で利点があると考えています。

論文題目：“舗装版切断機騒音に対する変形 Y 型遮音壁の遮音効果”

著者：比江島慎二，木村亮

掲載：Vol.56A, pp.296-304, 2010年3月

◆討議 [木村吉郎 (九州工業大学)]

騒音の周波数によって遮音効果が異なっているようにみえますが、騒音発生源の周波数特性の違いは実際の遮音壁の効果を考えていく上で、どのように考慮していくのでしょうか？

◆回答：切断機の種類や切断する対象がアスファルトなのかコンクリートなのかによって周波数が変わると考えられます。ご指摘のように周波数によって遮音効果も異なるので、その都度、遮音対象となる騒音源ごとに適した先端形状を検討する必要があると思われます。

◆討議 [松本信之 (鉄道総合技術研究所)]

1面のみ遮音壁を前提とした検討としては大変興味深い内容ですが、切断機騒音低減ということを考えますと、有効な対策工としては、機械をすべて覆ってしまうなどが考えられると思います。実務面からみて本検討の目的はどのようなところにあるのでしょうか？

◆回答：この遮音壁による対策の第一の目的は現場で低コストで簡易に遮音を実現することにあります。当初、アクティブ制御による遮音も考えていましたが、コスト的には高くなってしまふと考えられ、同等の遮音効果が得られるパッシブな対策としてこの方法を提案しました。

論文題目：“常時微動に基づく独立橋脚および橋梁完成系の振動特性の把握”

著者：中島章典，中野貴代美，中村晋

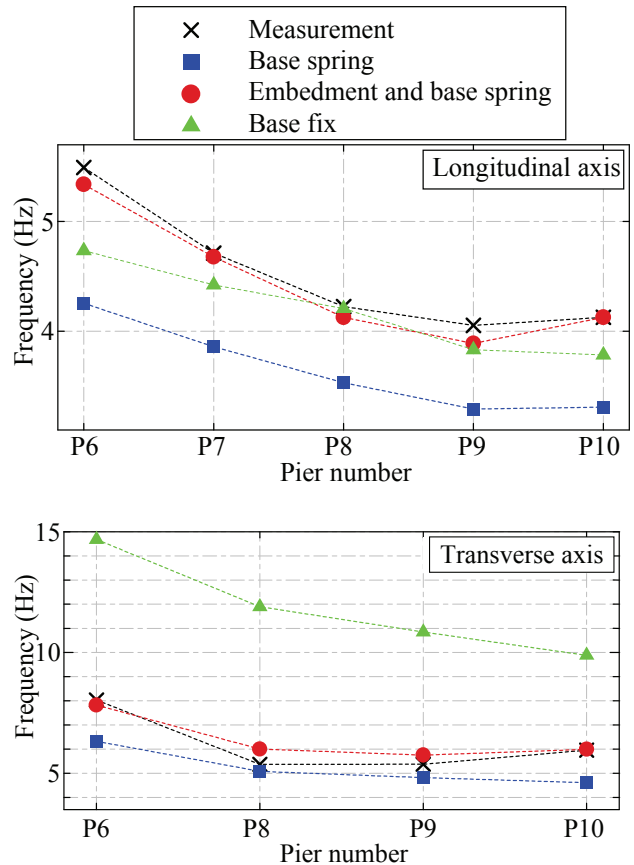
掲載：Vol.56A, pp.305-314, 2010年3月

◆討議 [深田幸史 (金沢大学)]

設計のばね定数を用い、橋脚下端を固定とした場合、実測値との関係はどのようになるのでしょうか？固定としても実測に近い結果となるのでしょうか？

◆回答：橋脚下端を固定とした場合には、下図の△マークで示しますように、橋軸方向では、橋脚の根入れ深さによって実測値をうまく説明できない傾向を示します。また、橋脚下端を固定とした場合、橋軸直角方向では実測値よりも固有振動数が大幅に大きくなります。そのため、地盤ばねに加えて根入ればね

を考慮することが実現象を説明するためには適切であるとと考えております。



◆討議 [北原武嗣 (関東学院大学)]

独立柱の検討において、根入ればねをパラメータにされていますが、柱の値は設計値を用いていると理解して宜しいでしょうか？設計値と実際の値は異なると思われますが、その影響は加味されているのでしょうか？

◆回答：ご指摘のように独立柱の場合、柱の諸量には設計値を用いています。実際の値は設計値とは異なると思われますが、根入ればねあるいは支承剛性の影響に比較して、その影響はあまり大きくないと考えています。

◆討議 [米田昌弘 (近畿大学)]

耐震性を考慮した場合、適切なモデル化をどのように考えれば宜しいでしょうか？

◆回答：今回の検討では、常時微動という微振動下における検討ですので、さらに振動振幅が大きい場合のモデル化にすぐに適用できるものではないと思います。しかし、まずは、微振動下における適切なモデルを確認しておくことも重要であり、さらに、振動振幅が大きい場合の適切なモデル化につながる一歩だと考えています。