

第1章

序 論

第1章 序論

1-1 はじめに

20世紀後半から終盤にかけての過度の進歩・発展の追求に伴って生じた問題点の1つとして、環境への負荷の増大が挙げられている。社会基盤施設が環境負荷に及ぼす影響に対する関心も高まってきており、3R (Recycle, Reuse, Reduce) を意識した設計の重要性が叫ばれている。しかしながら、例えば、鋼橋に生じる振動や騒音が、実際にどれだけの負荷を地域環境に与えているのか(どの程度周辺環境に悪影響を及ぼしているのか)は、必ずしも明らかにされておらず、現時点では、環境評価を取り入れた鋼構造物の設計体系が確立されていない。それどころか、こうした環境負荷を低減するために考案されている工法や構造形式にはどのようなものがあり、それらの低減効果がどの程度あるのかについてすら、体系的に明らかにされていないのが実情である。

このような状況の下、本小委員会では、主として鋼橋に生じる振動や、これに伴って放射される騒音(低周波騒音を含む)を対象として、①現時点までに施工されたり提案されたりしている「振動・騒音低減対策工法」等の調査を実施し、各工法がどの程度の低減効果を有するのかを解析的手法や実測結果に基づいて定量的に明らかにし、コストも含めて体系的に優劣比較を行うこと、②その成果を踏まえ、より環境負荷の少ない構造形式や形状・構造材料等が考案できないかどうかを模索すること、③鋼橋に生じる振動や、これに伴って放射される騒音が地域環境にどの程度の負荷を与えているのかを評価する手法(例えば、貨幣価値として算出する方法や効用値として算出する方法)の構築に向けた検討を行うことを目的として、平成16年4月に活動を開始した。平成15年11月の鋼構造委員会にて小委員会の設立が承認された後、委員の公募を行い、この分野で我が国の先陣をきって研究・技術開発・計測・対策・法整備等に努めておられる17名の方々が公募に応じて下さり、平成18年3月までの2年間を活動期間として、総勢18名で活動を実施してきた。

当初設定した3つの目標の内、平成18年3月までの2年間でおおよそ達成できたのは上記①のみであり、鋼橋の振動・騒音に関する問題の解明の難しさを改めて痛感させられたのが実情である。小委員会において、何とかそれまでの活動成果を活かし、②および③の目標に向かってアプローチするために2年間の活動延長をしようとの機運が高まったため、鋼構造委員会にその旨の申請を願い出たところ、幸いなことに平成20年3月までの活動延長を平成18年5月に認めていただくことができた。そして、2名の委員が新規に参加下さった後半の2年間には、鉄道橋における振動・騒音対策事例や、地盤振動等も考慮した環境振動(Environmental vibration)に関する情報収集や諸検討等を実施した。

本書は、4年間の活動成果をまとめたものであり、「鋼橋の振動・騒音問題とその対策事例に関する講習会」のテキストとして活用することにより、より多くの方々に直接小委員会活動成果を報告する機会を運良く持たせていただけたこととなった。本小委員会としては、鋼橋の振動・騒音に関する環境負荷低減工法の評価検討に携わっておられる方々に少しでも有用な情報を提供できればと願うと同時に、講習会への参加者の方々からいただく、「このような点についてもっと検討すべきではないか」、「この点に関しては別の捉え方をする方が適切ではないか」等の御助言・御指導については、平成20年秋から活動を開始した『振動・騒音に配慮した鋼橋の使用性能評価に関する検討小委員会(小委員長:深田幸史金沢大学准教授、本小委員会幹事長)』での活動に活用していただければと考えている。

最後になりましたが、本小委員会の活動を御支援下さった方々に深く感謝致します。

平成20年(2008年)11月4日

小委員長 杉山俊幸

1-2 小委員会の活動内容

本小委員会の活動内容として、各回で行われた話題提供を中心に、審議事項を以下に紹介する。

第1回 鋼橋の振動・騒音に関する環境負荷低減工法の評価検討小委員会

日時：平成16年4月28日（水） 14：30～16：15

場所：土木学会C会議室

議事

1. 委員会設立趣旨説明

杉山委員長より、本小委員会の設立趣旨について、土木学会誌2月号の委員公募に掲載された通りの趣旨で設立されたこと、活動期間は2年間の予定であるが、継続の必要がある場合はさらに2年間の活動延長を鋼構造委員会に要望していくこと、必要に応じて現場見学等も企画していく予定であること等が説明された。また、今後、日本道路公団から委員が1名参加いただける予定であることが報告された。

なお、土木学会の学術研究委員会の運営方法の慣例に従い、委員会の司会を深田幹事長に御願いすることで了承された。

2. 委員自己紹介

各委員から、所属・これまでの担当業務・委員会への応募理由等についての自己紹介がなされた。

3. 今後の活動の進め方について

委員会としての今後の活動の進め方についてフリーディスカッションを行った。以下のような意見が出された。

- ・橋梁管理者として振動・騒音の発生原因やその対策方法を解明したいという事例があり、それに関して委員会で意見交換を実施する
- ・対策を施した場合の効果をどのように評価すればよいのかを明確にしていく
- ・防振・防音に関する製品開発に成功したケースについては、試験室レベルのデータ等を提供していただき、活動の参考としていく
- ・ゴム支承を設置した場合の諸問題について検討していく
- ・既設橋に対する対策のみでなく、新設橋梁の設計へのフィードバックも視野に入れる（新設橋への対策工法の設置がどの程度効果的なのかをアピールしていくための手法の考案等）
- ・道路橋のみでなく、鉄道橋も対象とする。また、鋼橋に限定せず、コンクリート橋も含めた全ての橋梁を活動の対象とする。
- ・モジュラー型ジョイントでは、斜角をつけることにより騒音の低減効果が見られることから、ジョイントに対する対策方法も活動の対象とする。

以上の意見を踏まえ、第2回以降の3回程度の委員会では、各委員が持っている鋼橋の振動・騒音に関する情報や資料を話題提供の形で共有し理解を深めていき、その後、具体的な検討テーマを絞っていくこととした。

第2回 鋼橋の振動・騒音に関する環境負荷低減工法の評価検討小委員会

日 時：平成16年7月2日（金）14：30～17：00

場 所：土木学会C会議室

議事

1. 話題提供

以下3名の委員が持っている鋼橋の振動・騒音に関する情報等、話題提供を行った。なお、当初の予定では、杉山委員長、深田幹事長、平野委員、金委員の4名が話題提供を行う事になっていたが、予定を変更して以下の3名となった。また、プレゼンテーション後に活発な意見交換が行われた。3名の話題提供の概要は以下の通りであった。

1) 塩田委員

資料2-7-1および2-7-2に基づき騒音・振動評価の国際動向について説明された。その中で、騒音については、2003年に等ラウドネス曲線が新規格化されたと説明され、今後のA特性に影響を与えるかもしれないと述べられた。騒音・振動評価については、各国の実情に沿って、国際規格の導入と同時に評価基準そのものに独自性を発揮している状況を説明された。

2) 深田幹事長

資料2-5-1に基づき、サスペンション構造が異なった車両が高架橋を走行した場合の高架橋周辺での振動特性について説明された。また、2-5-2に基づき、ニールセンローゼ桁橋を対象として路面凹凸による橋梁の振動使用性について説明された。さらに、2-5-3に基づき、短スパンPC橋における地盤、低周波音振動の問題について説明された。

3) 平野委員

資料2-6に基づき、振動対策の一例として、大阪市が行っている高架橋を対象として、ゲルバー部の連続化、横桁コンクリート巻き立て工による振動計測結果について説明された。

第3回鋼橋の振動・騒音に関する環境負荷低減工法の評価検討小委員会

日 時：平成16年9月16日（木）14：30～17：15

場 所：土木学会E会議室

議事

1. 話題提供

以下の2名の委員が、鋼橋の振動・騒音に関する情報等について話題提供を行った。また、プレゼンテーション後に活発な意見交換が行われた。2名の話題提供の概要は以下の通りであった。

1) 金委員

騒音・振動評価の概要、家屋の振動特性、磁性制振材、JH関西支社管内で施工された鋼橋の振動・騒音低減対策工法の概要と効果に関するアンケート結果、およびアンケート結果の解釈、幾つかの低減対策工法の解析結果等について説明がなされた。

2) 薄井委員

資料3-1-1および3-1-2に基づき、鋼橋の騒音・振動の低減工法を、①上部構造対策（構造変更、質量増加・剛性増加、減衰付加）、②発生源対策（交通対策、路面对策、下部構造対策・基礎構造対策）、③伝播経路対策（地盤改良、地中防振壁・防振溝、緩衝地帯設置）、④受振点対策（家屋・ビルの剛性増加、減衰付加）に分類し、各々の工法の優劣を低減効果の大小や経済性・施工性の観点から比較した結果について説明がなされた。

本委員会活動の目指す方向として、

①低減効果の有無を適切に表示できる物理的尺度（指標）を提案すること

②個々の低減対策工法がどのような条件下で有効であるのかを明示すること

を念頭に置くことで、おおよその合意が得られた。

第4回鋼橋の振動・騒音に関する環境負荷低減工法の評価検討小委員会

日時：平成16年11月8日（月） 14：30～17：20

場所：土木学会F会議室

議事

1. 話題提供

鋼橋の振動・騒音に関する情報等について、以下の3件の話題提供がなされた。また、プレゼンテーション後に活発な意見交換が行われた。3件の話題提供の概要は以下の通りであった。

1) 渡邊氏+酒井(正)委員

資料4-2に基づき、大型車両が伸縮装置を通過する際に生じる振動・騒音を低減するための対策工法としてゴムとステンレス板で構成される制振材を連結してウェブに貼り付けるシステムを開発し、その低減効果を3次元FEM解析、および、実験により確認したこと、このシステムの施工実施例や今後の課題等について説明がなされた。

2) 千野委員

資料4-4に基づき、モジュラー型伸縮装置を通過する際に発生する振動・騒音が大きい鋼橋（架橋地点：東北地方）に対して施した低減対策工法（伸縮装置下部を遮音シートで被覆する方法）の効果等について説明がなされた。

3) 塩田委員

資料4-3に基づき、環境振動の予測の現状や、振動発生源・伝播経路・受振側別の振動、今後の展開等について説明がなされた。

以上の話題提供を踏まえ、本委員会活動の目指す方向として、前回委員会での合意事項に加え、

- ①問題とされている振動・騒音の内のどの周波数帯のものが苦情の対象となっているのかを明確にすること
- ②伸縮装置通過時に発生する振動・騒音についても検討を進めること
- ③過去（30年ほど前）に検討されたことと同じことを繰り返して検討することのないよう留意すること、用語の定義に混乱が生じないように留意すること（環境省のHPを参照）

を念頭に置くことで、おおよその合意が得られた。

第5回鋼橋の振動・騒音に関する環境負荷低減工法の評価検討小委員会 現場見学会

日時：平成16年12月10日（金） 13：00～18：00 頃（見学会）

場所：関西方面

日程：13：00 JR新神戸駅集合 →

13：20 芦屋地域（国道43号芦屋歩道橋、

アクティブソフトノイズ、阪神高速芦屋工区） →

15：00 JH中国自動車道（生瀬高架橋、一後川橋、宝塚高架橋） →

17：00 阪神高速池田線（MBSS制振材を取り付けた高架橋） →

第6回 鋼橋の振動・騒音に関する環境負荷低減工法の評価検討小委員会

日 時：平成17年2月4日（金）14：30～17：00

場 所：土木学会F会議室

議事

1. 話題提供

以下2名の委員が持っている鋼橋の振動・騒音に関する情報等、話題提供を行った。プレゼンテーション後に活発な意見交換が行われた。2名の話題提供の概要は以下の通りであった。

1) 松本委員

資料6-2に基づき、現行の振動規制法とISO2631を対照して環境振動の評価方法の違いについて説明がなされた。また、振動規制法による評価法の妥当性に関する疑問について述べられた。さらに、もう一つの話題提供として、モジュラー型ジョイントの騒音発生機構およびその騒音制御に関する研究内容について説明がなされた。

2) 原田委員

資料6-3-1に基づき、床版連結工法に関する構造概要とその特徴について説明された。また、資料6-3-2に基づき、設計の観点より、床版連結工法を行う場合にパラメータとなる項目に対して、道路橋示方書の許容値を満足させる組み合わせを検討した結果について説明された。さらに、実際に計測された振動レベルの結果について示された。設計で用いる回転角は、計測した回転角に比べてかなり大きな値をとっていること、さらに、その設計で用いる回転角を小さくするために、設計活荷重を再検討する必要があると説明された。

2. 環境振動の定義について

塩田委員から、第4回の議事録にあったように、環境振動の定義付けをするべきとの意見があった。日本建築学会における環境振動の定義は、「地盤・建物等、ある広がりをもって我々を取り巻く境界の日常的な振動」としており、本小委員会で主に扱っている公害振動だけでなく広い意味を持っている。そこで、深田幹事長から、委員長と相談して小委員会としての定義（案）を各委員に提案する旨の説明があった。

第7回 鋼橋の振動・騒音に関する環境負荷低減工法の評価検討小委員会

日 時：平成17年5月10日（火）14：30～16：45

場 所：土木学会E会議室

議事

1. 話題提供

鋼橋の振動・騒音に関する情報等について、以下の2件の話題提供がなされた。また、プレゼンテーション後に活発な意見交換が行われた。2件の話題提供の概要は以下の通りであった。

1) 勝浦委員

マウラージョイント上を車両が通過する際に生じる振動・騒音を低減するための対策工法として制振材をウェブに貼り付ける工法を採択することとし、その効果の予測解析と試験施工（貼り付ける位置や範囲等）を実施した結果、効果があるとの結果が得られたこと、実施工後の計測では、住宅近傍で2dB、ジョイント直下で4dB程度の低減が見られていること、また、100Hz以上の周波数帯では効果があるが、100Hz以下の周波数帯には低減効果がほとんど見られないとの計測結果が得られていること、この低減工法の今後の課題等について説明がなされた。

2) 横川委員

Multiple Mass Damper (MMD)の特徴（幅広い振動数に対して制振効果あり、簡単な構造でより大きな制振効果あり）、動作原理、解析モデル、2径間連続桁橋を対象とした解析、および、実施工を想定した設置ディテール例等について説明がなされた。

2. 環境振動の定義について

深田幹事長より、塩田委員から提供があった「公害振動の定義」および「環境振動の定義」を資料7-3のようにまとめたことが報告された。また、杉山委員長より、資料7-2に基づき、本小委員会における環境振動の定義のまとめ方についての提案がなされた。協議の結果、資料7-2に、

- ・⑦の「人の感覚」に周辺環境の状況（暴露環境）、心理状態等を追加すること
 - ・⑧として、評価の対象とする場所および地点を追加すること
- とし、これらを追記したファイルを委員全員に配布することとした。

第8回鋼橋の振動・騒音に関する環境負荷低減工法の評価検討小委員会 議事録

日 時：平成17年7月27日（火） 14：25～17：20

場 所：土木学会E会議室

議事

1. 話題提供

鋼橋の振動・騒音に関する情報等について、以下の2件の話題提供がなされた。また、プレゼンテーション後に活発な意見交換が行われた。2件の話題提供の概要は以下の通りであった。

1) 河田委員

道路橋から放射される低周波音を境界要素法を用いて解析的に求める手法について説明がなされた。この手法を用いると、簡易法では実測値との整合性が低かった2～5Hzの領域がかなり精度良く評価できることが明らかとなった。また、この手法を用いて、橋脚の存在や桁下の斜面からの反射が低周波音の伝播や大小に及ぼす影響、床版補強や桁端補強の低周波音低減効果等について検討し、橋脚の有無の影響は大きいこと、床版補強の効果はあまりないこと等が結果として得られていること、今後の課題等について説明がなされた。

2) 酒井(修)委員

高速道路の伸縮装置の種類、適用範囲、要求される性能（平坦性、水密性、振動・騒音抑制、耐久性、耐震性）等について説明がなされた。振動・騒音抑制に関しては照査方法がないこと、舗装の基層を打ち替える時（20～30年/回）に伸縮装置も取り替えられる程度の耐久性を期待していること、種々のジョイントの振動騒音特性のデータを各メーカーから収集していること等が紹介された。なお、JHとしては、①振動・騒音に配慮すべき箇所(部位)の明確化、②コストも含めた振動・騒音に配慮する事項（段差、伸縮装置、橋梁形式[桁の連続化、コンクリート橋への変更も含む]、特殊な装置[制振装置、免震ゴム支承]）と対策効果の明確化、③現地条件による効果の違いなどの明確化を期待していることも併せて紹介された。

2. 環境振動・騒音の定義について

深田幹事長および薄井委員より、資料8-2に基づき、本小委員会の活動目的、着目する項目、環境振動・騒音の定義(案)について、各委員から提出された意見をまとめた結果が報告された。また、塩田委員から、定義そのものよりも、環境振動・騒音を評価していくためにはどのような計測をするのか、どのような物理量を用いて評価するのかが重要であるとのコメントが出された。種々意見交換の後、本小委員会としての環境振動・騒音の定義については、深田幹事長と薄井委員にまとめていただくことにし、環境振動・騒音の評価方法や尺度については、より適切なものを提案していくというスタンスで今後活動していくこととした。

第9回鋼橋の振動・騒音に関する環境負荷低減工法の評価検討小委員会

日時：平成17年9月27日（火） 14：30～17：05

場所：土木学会D会議室

議事

1. 話題提供

鋼橋の振動・騒音に関する情報等について、以下の2件の話題提供がなされた。また、プレゼンテーション後に活発な意見交換が行われた。2件の話題提供の概要は以下の通りであった。

1) 畑中委員

立体横断施設技術基準・同解説が施行された昭和54年1月以前に架設された国道43号芦屋歩道橋の制振対策として、高欄設置用薄型TMDが設置された経緯（振動の実測調査、理論解析）、および、その効果について説明がなされた。速度実効値が「振動感覚：明らかに振動を感じるレベル(0.85cm/s)」以下にすることを目標に質量比を設定したこと、解析には半正弦波を用いる方が実情に合致すること、高欄設置用薄型TMDの調整は比較的容易であること等の説明がなされた。引き続き、札幌市内に架設された歩道橋で振動問題が生じていることが紹介され、歩道橋の設計では必ずしもその歩道橋の用途（歩行状態）を考慮した検討がなされていないことが問題点として挙げられた。

2) 中野委員

東京都内に架設されたモノレール桁から発生する異音について、開通後3年間は異音が発生しなかったこと、夏の日中の朝のモノレール通過時に発生すること、連続桁の端部近くがわずかに曲線となっている部位で発生していること、最近では夏でなくても気温の日較差が大きい日に発生していること、周辺は極めて閑静な環境であること、実測の結果によると支承が音源であることは明白であること、その支承部からかなりの錆汁が出ていること等が紹介された。また、モノレールの運営組織が複雑なため即座に対策を講じるのは容易でないが、①支承の接触部を除去する、②接触部の摩擦係数を低減させる、③桁内部に制振材を貼付し異常騒音値を低減させる等の方法が考えられることが説明された。鋼製橋脚のロッキング振動の影響があるのではないかと、支承の動きが桁の伸縮方向と一致していないのではないかと、支承部に隙間が生じていることから負反力が生じているのではないかと意見が出された。

2. 環境振動・騒音の定義について

深田幹事長より、資料9-2に基づき、前回からの継続協議となっている「本小委員会での環境振動・騒音の定義(案)」について説明がなされ、最終的には以下のようにすることとした。

『橋梁等の構造物が発生源と考えられる揺れや音で、利用者（車両搭乗者、歩行者、および橋梁上での従事者）、非利用者（周辺住民等）に対して、物理的、心理的、生理的な影響を与える振動および騒音のこと』

第10回鋼橋の振動・騒音に関する環境負荷低減工法の評価検討小委員会

日時：平成17年11月22日（火） 13：15～16：10

場所：日本写真会館3F会議室

議事

1. 話題提供

鋼橋の振動・騒音に関する情報等について、塩田委員より以下の2件の話題提供がなされた。また、プレゼンテーション後に活発な意見交換が行われた。2件の話題提供の概要は以下の通りであった。

1) 振動の評価尺度の変遷

世界各国（ドイツ、カナダ、アメリカ、フランス、スウェーデン、デンマーク、ノルウェー、日本）、および、ISOやECの振動の評価尺度がどのように変遷してきたかを、対象とする振動の種類（全身振動、建物振動、機械振動、衝撃振動）、振動の受け手としての人への影響（健康、快適性、知覚、動揺）、評価尺度として用いる物理量（振動速度、振動加速度、振動レベル）、全身振動を計測する3軸の設定方法等をキーワードとしながら説明がなされた。そして、説明や質疑応答等

を通じて、以下のことが明らかとなった。

- ① 振動の評価を国際的に整合するようにするか、各国・各地域独自の方法を探る道を進むのかは現在検討中であること
- ② 現時点では、基本的な部分（周波数成分と振動の軸）だけはISOで合意を図り、それ以外は各国に一任しようという雰囲気であること
- ③ 振動の評価尺度としてどの物理量を用いるかは測定機器に依存しており、現時点では最適な物理量が存在するわけではないこと
- ④ 振動は建物内で測定するのが重要で、官民境界で測定しても意味をもたないこともある
- ⑤ 評価方法や評価尺度の考え方に対して、多種の構造物をもつ建築分野からは、いろいろな意見がでてくる可能性があるが、乗り物を扱っている分野（自動車、船舶、航空機等）からはほとんど出てこないのが実情であること
→「人」を対象にすれば建物であろうが乗り物であろうが関係なくなるのではないか
- ⑥ 例えば高橋脚のモノレールに乗車中の乗客の地震時における振動と視覚感覚との関連については必ずしも明らかとなっていないこと
- ⑦ 振動と騒音をリンクさせた検討が必要であるが、振動分野から騒音分野に研究範囲を拡張していく研究者は少ないが、その逆は比較的多いこと
- ⑧ 振動発生源→伝播経路→家屋振動→人間の感覚（振動・騒音）というルートを考えると、この分野は各学協会の「横の連携」が必要であること
- ⑨ 評価尺度が計測機器の特性に依存していることを考慮すると、振動や音を機器の中でどのように処理しているのかを知る必要があること（計測機器の設計・製作に携わっているエキスパートの話を聴くのも有意）

2) 低周波音の「予測」「評価」

現在、進められている高架橋から放射される低周波音に関する主な論点、予測条件、予測の考え方、低周波音の評価方法、および、実態調査結果の概要について、資料10-4に基づいて説明がなされた。なお、本資料の取扱については十分注意を払うこととした。

第11回鋼橋の振動・騒音に関する環境負荷低減工法の評価検討小委員会

日時：平成18年1月25日（水）14：00～17：05

場所：土木学会D会議室

議事

1. 話題提供

1) 環境振動に関する国際シンポジウム ISEV2005 の概要報告

平成17年9月に開催された第2回環境振動に関する国際会議 ISEV2005 の概要について、竹宮委員より報告がなされた。また、プレゼンテーション後に活発な意見交換が行われた。これらの概要は以下の通りであった。

- ① 研究発表・討論の主要テーマは、振動源と構造物の相互作用、structural born vibration、伝播経路のフィルター作用、対策工法の調査・検討等であった。
- ② 振動に伴う地盤沈下等、長期間にわたる問題の検討も必要である。
- ③ 地震のような非常時の振動対策だけでなく、常時の振動に対する設計という観点が必要と思われる。
- ④ 環境振動に関する現象が生じている場合には、社会問題化するかどうかに関係なく、工学的に解明していく姿勢が重要である。
- ⑤ スウェーデンの良いところは、環境振動問題に関する諸データをオープンにし、関係者の意見を幅広く求め、その中で適切な方法を採用していこうとする姿勢であったことである。

2) 低周波音の「マニュアル」「予測」について

自動車の走行に係る低周波音の取扱いについて、塩田委員より資料11-3に基づき話題提供がなされた。また、プレゼンテーション後に活発な意見交換が行われた。これらの概要は以下の通りであった。

- ① 国土交通省が環境省の評価尺度を取り入れる形で活動を始めている。
- ② 基になるデータが、橋種別・大型車類交通量別・支間長別・総幅員別に整理され、回帰式が求められている。

- ③車両走行に伴う低周波音の取扱いに際しては、移動発生源としての考慮が必要であり、今後検討を重ねていく必要がある。
- ④橋梁のジョイント部から発生する衝撃音の取扱いをどうするかも重要な課題である。
- ⑤低周波音のどのような物理量を計測するのか（ピークレベルなのか L_{eq} なのか等）に関する検討が必要である。
- ⑥昭和50年代では身体への圧迫感を与える3～5Hzの低周波音が問題とされていたが、最近では建物のガタツキを引き起こす5～20Hzの低周波音が問題とされてきており、着目点が変わってきていることにも留意する必要がある。
- ⑦苦情を出す人の最小可聴値とそうでない人との最小可聴値との違いに着目した検討もなされている。

3) 一後川橋の床版延長工法施工後の低周波音解析の概要報告

床版延長工法施工後に2夜間で5回観測された14Hz付近の低周波音の発生原因に関する解析的なアプローチについて、杉山委員長より話題提供がなされた。また、プレゼンテーション後に活発な意見交換が行われた。これらの概要は以下の通りであった。

- ①橋梁に進入する直前に車両がどのような振動状況にあるかにより、14Hz付近の低周波音が励起されるか否かの違いが生じると予想される。ただし、どのような状況だと生じるのかを断定するまでには至っておらず、現在検討中である。
- ②ジョイント部の取扱い、ジョイント部進入前の路面凹凸状況等を考慮するとよいのではないか。
- ③解析を3次元で行うのがよいか2次元で行うのがよいかは今後議論していく必要がある。

第12回鋼橋の振動・騒音に関する環境負荷低減工法の評価検討小委員会

日 時：平成18年4月27日（木）14：00～17：15

場 所：㈱東京鐵骨橋梁 会議室

議事

1. 話題提供

1) 鉄道高架橋の健全度と環境振動について

東海旅客鉄道（株）総合技術本部 技術開発部 構造物 T 地震防災 G 吉田幸司氏より標記テーマに関する話題提供がなされた。また、プレゼンテーション後に活発な意見交換が行われた。これらの概要は以下の通りであった。

- ①東海道新幹線の高架部では、スパン6m+8本柱タイプのRCラーメン橋が大半を占めている（118km中102km）。その後、山陽新幹線では道路幅員の関係でスパンが8mとなり、張り出し部がゲルバー式に変更されている。東海道新幹線では、隣接するRCラーメン橋の張り出し部分の突き合わせ部が振動発生源となっている。
- ②新幹線では、機能を維持しながら供用しなければならないこと、限られた資金と技術者で対応しなければならないこと、他よりも性能の低い箇所の検出が必要であることを背景に、目視点検（ひび割れの有無）+重錘を衝突させたりハンマーで打撃したりするRC柱や梁の衝撃振動試験により、高架橋の性能（剛性低下）のチェックを行っている。ただし、通常の走行で他の箇所と異なった異常な観測データが得られた場合にこうした試験を実施している。
- ③ひび割れがあると（ひび割れ幅の制限値は0.2mm、実測では0.16mm程度以下）、固有振動数から算出される剛性は7～8割程度に低下する。
- ④計測される振動加速度は10～20Hz（鉛直方向）の振動が卓越する。張り出し端部補強による環境振動対策を実施すると低減効果はある程度認められている。
- ⑤張り出し部を強制加振している要因が車輪間隔なのか車両間隔なのか、あるいはこれら以外の要因なのかは必ずしも明確となっていない。
- ⑥ひび割れの発生による剛性低下が大きすぎるのではとの指摘があるが、解析においてたわみが実測値と合致するようになるとこの程度になる。今後、ひび割れ幅と剛性低下量の関係を明確にしていくことも視野に入れているが、鋼橋とコンクリート橋では挙動が大きく異なるのが実情である。
- ⑦周辺住民から苦情が出されるのは、例えばのぞみの本数を増加したり、走行速度を270km/hに上げたりした時である。環境振動対策の対象を鉛直振動のみとしているのは、法規制が鉛直振動のみを対象としているためである。

2) 道路高架橋からの環境振動について

自動車の走行に伴って生じる高架橋からの環境振動について、竹宮委員より話題提供がなされた。また、プレゼンテーション後に活発な意見交換が行われた。これらの概要は以下の通りであった。

- ①岡山県内にある3径間連続鋼製道路橋で環境振動に関する苦情が出されたため、その特性を把握することを目的として実測を行った。基礎の深さが13m程度の軟弱地盤上に架設されている。中間支間部を支持するという対策を施したが振動が低減されなかった経緯がある。曲線橋であるため、遠心力による振動も考えられる。
- ②実測の結果、水平振動に関しては、橋面の振動は2~4Hz、地盤振動は3~4Hzが卓越しており、空気振動により環境振動が発生している訳ではないことが明らかとなった。鉛直振動に関しては、高次の振動(10~20Hz)が生じている。
- ③解析では、地震時動的応答解析の流れを逆方向に利用し、橋から地盤に伝わる振動を算出した。その結果、鉛直振動に関しては解析値の方がやや大きめに算出されているものの、水平方向の振動については実測値を精度良く再現しており、地盤振動伝播メカニズムがおおよそ解明できていることが明らかとなった。従って、どのような減振工法を開発すればよいのかも解析的にある程度明確にすることが可能となる。
- ④「鋼橋だから振動が生じている」というよりも、スパンが80mと長く、しかも帯状の軟弱地盤上に架設されていることから、橋全体系としての振動が生じているといえる。そのため、帯状の軟弱地盤を振動が伝わらないようにすることが重要といえる。

第13回鋼橋の振動・騒音に関する環境負荷低減工法の評価検討小委員会

日時：平成18年6月23日(木) 14:00~16:35

場所：土木学会D会議室

議事

1. 話題提供

1) 「阪神大震災以後の神戸線沿道の振動苦情の状況、家屋内での測定データについて」

薄井委員より、資料13-2-1および13-2-2に基づき、標記の話題提供がなされ、プレゼンテーション後に活発な意見交換が行われた。概要は以下の通りであった。

- ①阪神大震災前後における国道43号沿道地域の歴史、被害実態アンケート調査結果についてまとめられた。震災後の苦情は、震災を経験したことや震災後の静寂を経験した心理的な影響が大きい。(資料13-2-1にある国道43号・阪神高速神戸線環境対策連絡会議がまとめた「国道43号及び阪神高速神戸線に係る環境対策の実施及び検討状況について」は、インターネットに詳細が掲載されている)
- ②RC造(3~4階)に居住する住民からも苦情が出ており、水平方向の振動が大きく影響している。
- ③震災後の耐震対策として、鋼床版化、連続化および連結化、鋼製支承を免震・免振支承へ変更がある。また、大きな損傷を受けたPC梁の鋼製梁へ変更も実施されている。しかし、軽量化の影響で鋼床版化された橋梁、鋼製梁化した橋脚の振動は大きい。
- ④TMD(RC造5階建て対象、TMD2tf)で3~5dB低減した、5~10dB程度低減しないと行政は防振助成制度へ踏み込めないであろう。
- ⑤工区境の路面不陸の影響が大きい。路面对策は有効である。
- ⑥今後の振動規制法改正に向けた提言として、以下のものがある。
 - A) 現行の官民境界評価から室内評価へ(建物の揺れに着目か? 体感者が感じる揺れに着目か?)
 - B) L10評価からLeqまたはLmax評価へ
 - C) 鉛直方向評価に加え水平方向評価を加える

2) 鋼床版連続桁橋における交通振動のTMD制御解析について

金委員より資料13-3に基づき話題提供がなされた。また、プレゼンテーション後に活発な意見交換が行われた。これらの概要は以下の通りであった。

- ①実橋梁においては、車両走行条件が様々に変化するため、走行条件を変化させて(単独走行、共振車頭間隔で複数台連行など)制御解析を行い、制御効果を検討する必要がある。
- ②TMD設置により、制御対象モード以外の振動モードに影響を与える可能性がある。
- ③走行条件を変化させても制振対象モードについては制振効果がある。
- ④TMDによる制御は、特定の振動モードを対象として制御するため、卓越振動数の変化に対するロバスト性が低い。制御には、ロバスト性のある制振手法が必要である。

第14回鋼橋の振動・騒音に関する環境負荷低減工法の評価検討小委員会

日時：平成18年8月21日（月）14：00～17：00

場所：土木学会C会議室

議事

1. 話題提供

1) 「低周波音問題の解決に向けた事例について」

塩田委員より、資料14-2-1および14-2-2に基づき、標記の話題提供がなされ、プレゼンテーション後に活発な意見交換が行われた。概要は以下の通りであった。

- ①環境省の発表によると、低周波音に関する苦情が増加しており、160件/年程度となっている。また、総務省公害等調整委員会では、平成16年度に係属した事件のうち、3件が低周波音に関するものであった。
- ②住居地域周辺に建てられた大規模な商業施設、社会施設の空調施設・変圧器類・コンプレッサー等から発生する比較的低い周波数帯域の空気圧変動が、問題となっている事例がある。
- ③低周波音に関する苦情事例についての具体的な内容についての報告があった。この事例の中で、特徴的な点として、以下の点があげられる。
 - a) 利害関係者を一堂に集め、専門委員も含めて話し合いをもった。
 - b) 苦情者の低周波音に関する感覚閾値を第三者機関（産業技術総合研究所）において測定した。
 - c) 苦情発生の原因となる機器を細かく制御して測定を行い、発生要因、発生現象について測定・検討を行った。
 - d) 苦情者宅の室内で測定を行うとともに、苦情者の感覚調査も記録した。
 - e) 利害が対立し、かつ発生状態が判断するうえで微妙なレベルにある場合は、ある正確なデータに基づいて判断することが大切である。
- ④本苦情事例では、測定結果より50、100Hzの周波数成分が問題となっていることを確認するとともに、干渉型による防音塀の模型実験による低減効果を確認のうえ実際の空調室外機への設置を行った。その結果、最終的に当事者双方の合意が得られ、調停が成立した。
- ⑤今回の測定事例の中で明らかになった点には以下のようなことがある。
 - a) 聞こえる（感じる）音には年齢差があることから、測定時の体感調査にあたっては年齢の異なる調査員で行った方がよいといえる。
 - b) 住民の中には、調査・測定というと過度に反応する場合がある。測定にあたっては、機器の稼働・測定結果・感覚の関係を明確にするとともに、実際の調査結果を双方に示して、明らかにすることが重要である。
- ⑥苦情解決には判断基準が必要であるが、現状では、法律で定められた水準、個人の受忍限度、人体の感じる閾値等の基準がある。苦情解決にあたって、どの判断基準を採用するかについては、法律で判断する方法はない。
- ⑦苦情処理は、個々の案件によって状況が異なる。どのような方向性で解決していくかは、お互いの理解の中で解決していく必要がある。

2) 車両走行シミュレーションによる振動対策工法の検討

深田幹事長より資料14-3に基づき話題提供がなされた。また、プレゼンテーション後に活発な意見交換が行われた。これらの概要は以下の通りであった。

- ①実際の橋梁・地盤・家屋を対象に振動調査を行うとともに、現況の構造に対するシミュレーション解析を行い解析モデルに対する整合性検証を行った。
- ②実際の現象と整合性のある解析モデルを使用し、各種の振動対策工法のシミュレーション解析を行い、その効果について確認した。
- ③解析のモデル化にあたっては、支承拘束条件、地盤条件（地盤ばね定数等）の取り扱いによって大きく影響を受ける。また、下部構造のモデル化の有無によっても大きく異なることから、注意が必要である。
- ④上部構造ではシミュレーション解析はほぼ発生現象を波形的にも把握することが可能となってきていることから、シミュレーション解析による対策工の事前評価は検討に役立つと考えられる
- ⑤しかし、地盤の応答値の算出には、課題が残されている。
- ⑥シミュレーション解析では、TMDが効かない結果となっているが、TMDの質量比（本解析では1%程度としている）が影響しているのではないかと考えられる。また、減衰定数の取り扱いによっても大きく異なると考えられる。

第15回鋼橋の振動・騒音に関する環境負荷低減工法の評価検討小委員会

日時：平成18年10月17日（火）14：00～17：00

場所：土木学会C会議室

議事

1. 話題提供

- 1) 「キールダンパーを設置した橋梁の車両走行時の振動計測」および「制振桁カバーによる高速道路橋の環境改善対策」
株式会社神戸製鋼所 吉村登志雄氏より標記の話題提供がなされ、プレゼンテーション後に活発な意見交換が行われた。概要は以下の通りであった。

① キールダンパーを設置した橋梁の車両走行時の振動計測について

- ・ 合理化の観点より建設が進む2主桁橋を対象に、渦励振防止や低周波音・地盤振動低減を目的にキールダンパーを開発し、クレーン加振や一般車両走行時の加速度を測定しその効果を確認した。
- ・ キールダンパーを設置することにより、クレーン加振の場合1次モードで減衰比が1%から5%に、2次モードでも0.8%から3.2%に向上させることができた。
- ・ 一般供用下での低減効果は、キールダンパーを設置していない隣接する同形式の橋梁において振動結果と比較した。その結果、1次モードで減衰比は、キールダンパーを設置していない隣接する同形式の橋梁で0.7%であるのに対して、キールダンパーを設置した橋梁では4%となり、高い減衰付加性能を有することを確認した。
- ・ キールダンパーに用いられている制振材に温度依存性があることが今後の課題であり、制振材の耐久性についても着目していく予定である。

② 制振桁カバーによる高速道路橋の環境改善対策について

- ・ 車両走行時に桁や床版などから放射される構造物音を低減させる目的で、制振桁カバーの開発を行った。
- ・ 実物大の模型を製作し、インパクトハンマーによる加振実験を実施した結果、従来の桁腹板に制振鋼板を設置する方法で、桁直下で0.5dB(A)の低減、制振材を施した桁カバーによると10dB(A)の以上の低減効果があった。
- ・ 実橋のジョイント部付近に桁カバーを設置し、試験車両走行時の騒音を測定した結果、オーバーオール値で6dB(A)の低減効果があった。
- ・ 本工法は橋梁がたわみ振動することによる低周波音に対しては有効ではなく、今後低周波音も低減できる工法が望まれる。
- ・ 制振材そのものの周波数依存性について検討する必要がある。

2) 「鋼橋におけるRC床版の衝撃係数について」および「モノレールの車両を考慮した地震時挙動について」

金委員より、資料15-4-1および15-4-2に基づき、標記の話題提供がなされ、プレゼンテーション後に活発な意見交換が行われた。概要は以下の通りであった。

① 鋼橋におけるRC床版の衝撃係数について

- ・ 高速道路を想定した結果と比較し、一般国道の場合の衝撃係数は伸縮部段差の影響により大きくなり、特に車両が進入した直後の床版端部付近でその傾向は大きくなる。
- ・ 供用期間50年を想定した疲労寿命を検討した結果、高速道路の場合、床版厚の厚い端部では疲労寿命に達する確率は20～50%、また一般部では95%程度になる。
- ・ 一般国道のケースについて、走行速度を70km/hrまで上げたケースでは、一般部の疲労寿命年数が50年に満たない。車両の走行速度が一般床版厚部の疲労寿命に大きく影響する。
- ・ 今後維持管理を適切に行うには、大型車交通量や走行速度など橋梁が架設されている状況を勘案した管理基準の設定が望まれる。

② モノレールの車両を考慮した地震時挙動について

- ・ モノレール上の車両を付加質量として考慮し解析を行うと、レベル2地震時に橋脚が降伏するケースがあったが、車両を振動系として解析を行うと、車両自体がダンパー的な挙動を示し柱が降伏するケースはなかった。
- ・ 車両の乗車率を変更してもダンパーとして作用する結果は変わらない。
- ・ コスト縮減の観点から考案された合理化桁の場合、横つなぎ材が降伏するケースがあり、さらに詳細に検討する必要がある。
- ・ 車両走行下での地震応答解析では、解析対象桁の長さが、車両長よりも短い場合、対象桁進入前の車両が結果に影響

響しているのではないかと、また、対象桁の前後径間を含めた橋梁全体の挙動についてどのように考えるべきか議論が交わされた。

2. 小委員会活動報告書について

各委員は、11月15日(水)までに原稿の体裁・様式を精査し、深田幹事長にWordファイルおよびPDFファイルを提出する。深田幹事長がとりまとめ、PDFファイルを各委員に配信後、各委員はその報告書(案)に対する修正意見等を整理し、次回委員会時に協議を行う。

第16回鋼橋の振動・騒音に関する環境負荷低減工法の評価検討小委員会

日時：平成18年12月12日(火)14:00~17:00

場所：土木学会F会議室

議事

1. 話題提供

1) 「新しい地盤振動遮断工の開発—Traffic Quake Cut-Wall 工法 (TQC-Wall 工法)」

財団法人鉄道総合技術研究所 神田政幸氏・川西智浩氏より、資料16-3に基づき、標記の話題提供がなされ、プレゼンテーション後に活発な意見交換が行われた。概要は以下の通りであった。

① 地盤振動伝播メカニズムおよび必要壁体条件の把握を目的とした解析的検討について

- ・ 地盤中の振動伝播シミュレーションにより、地盤表層を発生源とする地盤振動の伝播では、高加速度が深さ5mまでの地表面に集中しており、インピーダンス比が小さい軟壁が表層の地盤振動遮断工として有効であることを確認した。
- ・ 遮断工としての材料的な必要特性として、地盤の剛性と比較して1/10程度の剛性を有すること、地盤より軽いこと、しかしながら周辺地盤並の強度を持つのが望ましいことから、EPSビーズ混合ソイルセメントを提案した。

② 実地盤・実列車を対象とした地盤振動遮断壁工による振動低減効果について

- ・ 卓越周波数8Hzを持つ検討地盤(軟弱地盤層厚15m)の現地試験施工の実施にあたり、目標振動低減量を4dBとする場合の遮断工寸法として、壁厚1.2m、深さ6mが最適であることを解析的に確認した。
- ・ 解析的検討による遮断工の寸法に基づき、盛土法尻に壁厚1.0m(φ0.6mを2列)、深さ6m、延長30mの遮断工を施工し、当該地盤では2~3dBの振動低減効果を確認した。ただし、EPS体積混入率67%(EPSビーズは2種組合せ)、セメント添加量は25kg/m³とした。

③ 高架橋を対象とした地盤振動遮断工の振動低減効果について

- ・ 高架橋近傍地盤にEPSビーズセメント改良土を施工した場合の振動遮断効果を検討するため、列車走行による高架橋柱部での実測加速度波形を用いた時刻歴3次元動的解析を行い、壁厚0.5m、深さ3.0m、施工延長50mの遮断工の場合、盛土では2~3dB、場所によっては5dBの振動低減効果が期待できることを確認した。

④ 開削トンネル沿線での遮断工の振動低減効果について

- ・ 地中部に振動源がある開削トンネルでの適用性を2次元動的解析により検討し、遮断工幅0.5m程度で2~3dB、場所によっては5dBの振動遮断効果が期待できることを確認した。

2) 「都市内高速道路での交通振動対策検討」

原田委員より、資料16-4に基づき、標記の話題提供がなされ、プレゼンテーション後に活発な意見交換が行われた。概要は以下の通りであった。

- ・ 都市高速高架橋に隣接した家屋の地盤振動低減を目的として、橋梁の埋設ジョイント化や補強による発生源対策および地盤振動伝播経路上の対策による振動低減効果を車両走行による橋梁の動的応答解析により検討した。
- ・ 埋設ジョイント化によって官民境界の振動が15dB程度まで低減されることを確認した。
- ・ 上部工と橋脚のいずれの補強(剛性10倍)も橋軸直角方向の振動低減に効果があった。特に、橋軸直角方向の振動低減効果としては、上部工補強に比べ、橋脚補強の方がより効果的であった。
- ・ 深さ10mの空溝による対策は、伝播経路上対策の中では最も効果があり、鉛直方向で7dB、橋軸直角方向で14dB

の低減が期待できる。

- ・ EPS ビーズ混合ソイルセメント壁は、上記の空溝と同程度の効果が期待できる。
- ・ 地中壁では、官民境界の鉛直方向では空溝より低減効果があるが、橋軸直角方向ではその効果は小さい。
- ・ 工事費は非常に高価になるが、幅 32m の広範囲での地盤改良では、官民境界の鉛直および橋軸直角方向で 7dB 程度の低減が確認できた。

2. 小委員会活動報告書について

活動報告書の WEB での公開に関して、幹事会で検討して頂く。パスワード化など、今後検討する必要がある。また、どの程度公開するのか審議した結果、各委員から承諾された内容のみを WEB で公開することになった。

第 17 回鋼橋の振動・騒音に関する環境負荷低減工法の評価検討小委員会

日 時：平成 19 年 2 月 1 日（木）14：00～17：00

場 所：土木学会 F 会議室

議事

1. 話題提供

1) 「振動防止行政の現状と課題」

環境省 水・大気環境局 大気環境課 大気生活環境室 藤本正典氏より、標記の話題提供がなされ、プレゼンテーション後に意見交換が行われた。概要は以下の通りであった。

- ・ 振動に関する法体系において、環境基準は設定されていない。
- ・ 2001 年以降、振動苦情が増加傾向にあり、その理由として、工場跡地でのマンション建設などによる住工混在、規制対象外の加振源による問題の増加などが挙げられている。
- ・ 苦情が発生した箇所での振動測定結果のうち、90%程度は規制基準を満たしている。
- ・ 振動評価手法のあり方について、日本騒音制御工学会に委託し、調査を進めている。平成 20 年度末をめどに、振動測定・評価のためのガイドラインの作成を目指している。
- ・ 評価方法の考え方、行政による対応、実測データの処理方法、データの公開などについて議論がなされた。

2) 「地盤振動に関する話題」

竹宮委員より、資料 17-2 に基づき、標記の話題提供がなされ、プレゼンテーション後に意見交換が行われた。概要は以下の通りであった。

① Internoise 2006 における交通地盤振動に関する話題

- ・ 標記国際会議における交通地盤振動に関する 2 つのセッションでの発表内容概要の紹介。
- ・ 日本からの発表が多数。討議は外国人中心。

② 地盤振動伝搬に関するレビュー論文の紹介

- ・ Propagation of ground vibration: a review と題する論文の内容紹介。
- ・ 1976 年発表の論文であるが、現在でも参考になる内容である。

③ 地盤振動の計測器について

- ・ 地震計と振動レベル計の比較。

2. 小委員会活動報告書の公開について

標記についての幹事会の判断は、小委員会の希望どおりでよいとのことであった。それを踏まえ、当面は現状のとおり WEB で公開し、公開期間は委員会活動中とすることとした。また、活動終了後の公開については、改めて議論することとした。

第 18 回鋼橋の振動・騒音に関する環境負荷低減工法の評価検討小委員会

日 時：平成 19 年 4 月 26 日（火）14：00～17：00

場 所：スタジオフォーバレー会議室

議事

1. 話題提供

「低周波音の評価基準と閾値・許容値について」

独立行政法人 産業技術総合研究所 人間福祉医工学研究部門 客員教授 犬飼幸男氏より、標記の話題提供がなされ、プレゼンテーション後に意見交換が行われた。概要は以下の通りであった。

①低周波音の評価基準である「心身に係る苦情に関する参照値」

- ・ 2004 年に「低周波音問題対応の手引書」が公表され、その中で新たに「心身に係る苦情に関する参照値」が低周波音の評価基準として導入された。
- ・ 「心身に係る苦情に関する参照値」は、20Hz 以下の超低周波音を対象とする G 特性音圧レベル 92dB と、10-80Hz における 1/3 オクターブバンド音圧レベルを対象とする参照値で与えられている。

②その基礎となった閾値・許容値に関する実験結果

- ・ 低周波音に関する苦情の多くは、暗騒音が小さい静かな地域の家屋内において発生している。
- ・ 低周波音の苦情者は、一般に中高年の女性に多く、反応特性にも特徴が見られる。
- ・ 苦情者が敏感という訳ではない。また、閾値と許容値はあまり変わらない。

③ヨーロッパ諸国における基準との比較

- ・ 各国の評価法の多くは、推奨基準であり、日本のように参照値あるいは参照曲線が導入されており、閾値を基準にしている国が多い。
- ・ ヨーロッパと日本では家の造りが違うが、日本では窓を閉めた方が、音がこもるので問題が起り易い。

2. 今後の小委員会活動について

塩田委員より、橋梁の振動に対する変動音、複合音の閾値と参照値を当小委員会にて提案してほしいとのコメントが出された。薄井委員から、測定する内容（感覚に対するの評価方法、例えば物理データと苦情者との同期データ）などを振動調査方法として整理することの提案がなされた。また、橋梁から発生する低周波音（変動音）についての対応策、対策手引書などを提案してはどうかとの意見が出された。

今後の活動として、8 月から 9 月頃に、産業技術総合研究所の見学を行うとともに、実験室で低周波音を体感することとした。

第 19 回鋼橋の振動・騒音に関する環境負荷低減工法の評価検討小委員会

日 時：平成 19 年 6 月 28 日（木）14：00～17：00

場 所：土木学会 C 会議室

議事

1. 新委員について

第 18 回小委員会にオブザーバーとして参加されていた二木氏（オイレス工業）が委員として新たに参加されることが承認された。

2. 話題提供

1) 「鉛直振動に対する感覚閾値に関する実験的研究について」（松本委員）

松本委員より、標記の話題提供がなされ、プレゼンテーション後に意見交換が行われた。概要は以下の通りであった。

- ・ 過渡的な振動に関する人間の感覚の評価を目的として、20 代の男女各 12 名と 60 代の男性 12 名を対象に閾値を測定した。
- ・ 男女間では有意の差はなかったものの、20 代と 60 代では 60 代の方が閾値は高かった。
- ・ 閾値をピーク加速度で整理した場合、連続振動よりも過渡振動の方が高くなるため、両者の差を小さくするために移動加

速度実効値（RMS 値）を用いて整理した。

- ・RMS 値の積分時間が 0.5 秒以上であれば、振動の種類による閾値への影響は小さい。

2) 「MMD (Multi-Mass-Damper) の設置事例について」(横川委員)

横川委員より、標記の話題提供がなされ、プレゼンテーション後に意見交換が行われた。概要は以下の通りであった。

- ・MMD は TMD を複数設置することでバンド幅を広くとり、応答の高さを低くするデバイスであるが、4 個以上 TMD を設置した場合には効果に大きな差はない。
- ・低周波音が問題となっている 3 径間連続 3 主桁桁橋に設置したところ、1/3 オクターブバンド音圧レベルで主桁振動に対しては 3~4dB、低周波空気振動に対しては 5dB 程度低下した。
- ・3Hz 付近では鉛直曲げモード、7~8Hz ではねじりモードが卓越しており、ねじりモードについては MMD の設置位置を工夫すれば抑制できるのではないかと。

なお、制振装置を設置する場合、事前に振動モード形状を把握しておくことが重要であるとの意見がでた。

第 20 回鋼橋の振動・騒音に関する環境負荷低減工法の評価検討小委員会 現場見学会

日 時：平成 19 年 8 月 24 日（金） 14:00~17:00 頃（見学会）

場 所：産業技術総合研究所 人間福祉医工学研究部門 「つくば中央第六」6-11 棟

見学会内容

- ・低周波音実験室と音のデモンストレーション
- ・苦情現場における低周波音の測定と苦情者反応の収集例 など

第 21 回鋼橋の振動・騒音に関する環境負荷低減工法の評価検討小委員会

日 時：平成 19 年 11 月 13 日（火）14:00~17:00

場 所：土木学会役員会議室

議事

1. 話題提供

1) 「鋼製伸縮装置からの構造物音と車両荷重の同期測定」(名城大学 小塩先生)

名城大学小塩先生より、標記の話題提供がなされ、プレゼンテーション後に意見交換が行われた。概要は以下の通りであった。

- ・入力となる荷重と出力となる橋梁側の振動・騒音を同期させ、単独走行ケースを数多く計測することにより、荷重と振動・騒音の関係を明確にしようとした。
- ・橋脚天端のジョイント付近にセンサーを設置しているため、計測された騒音はジョイント音が計測されていると思われる。
- ・官民境界における伝達量は不明であるが、オクターブバンドより判断すると、周波数特性は同一であった。
- ・定量評価だけでなく、定性的に伝播してくる周波数特性を調べ、車両走行速度と周波数の関係が示せると、興味深いとの意見が出た。
- ・ジョイントの損傷モニタリングに活用する、またはジョイント種類ごとでまとめてはどうかとの意見がでた。
- ・振動・騒音問題が発生していない橋梁は対象としていないため、データがない。問題がない橋梁を対象とすることによりなぜ問題が起きないかわかるのではないかととの意見が出た。
- ・発生源の騒音レベルに A 特性をかけない方が良いのではないかととの意見が出た。
- ・スパンと波長の関連性が示せると何がわかるのではないかととの意見が出た。

2) 「PC 橋（川辺橋）におけるモニタリング」(深田幹事長)

深田幹事長より、標記の話題提供がなされ、プレゼンテーション後に意見交換が行われた。概要は以下の通りであった。

- ・車両と橋梁の連成振動により大きな振動をしている PC 橋梁があった。

- ・ 3車線中の第2走行車線（幅員中央）を大型車両が走行した場合、非常に大きな振動をしていることが確認された。
- ・ 路面調査から見た目からは路面凹凸、ジョイント段差がひどい状況ではなかった。
- ・ 路面計測車、プロフィールデータの計測結果から第2走行車線の路面凹凸に周期性が見られた。
- ・ 舗装の補修により改善できる見込みもあるが、現在の路面管理基準から判断して補修が必要な路面状況と判定されないであろう。
- ・ 夏場と冬場の計測結果を比較することにより、何かがわかるのではないかとの意見が出た。

2. 今後の小委員会活動について

- ・ 最終報告書として、環境振動・騒音に関する低減工法対策の技術・事例という観点でまとめてはどうかとの提案があった。内容として、中間報告書に加えて、振動・騒音対策の注意点、問題点、解決方法、測定方法を一般の人にわかりやすいかたちでまとめる。
- ・ 委員会は2008年3月に一度終了する。それ以降は、新規に委員の募集を行う予定である。
- ・ 5月頃までに報告書のとりまとめを行う。
- ・ 2008年11月頃に講習会を行い、講習会テキストを報告書とする。
- ・ 各自中間報告書を確認し、加えるべき点、気になる点を提案、報告する。また、なるべく、次回までに1事例分を持参してくる。

第22回鋼橋の振動・騒音に関する環境負荷低減工法の評価検討小委員会

日 時：平成20年2月12日（火）13：30～15：30

場 所：土木学会C会議室

議事

1. 報告書について

- ・ 資料22-3を“道路橋における振動・騒音対策の事例”に追加する。
- ・ 現在の章の構成に対して、以下のようにしてはどうかとの意見が出た。さらに、“問題”という用語を使用しない方がよいのではとの意見が出された。
 - 第1章 緒言
 - 第2章 振動・騒音問題と対策の概要
 - 第3章 道路橋における振動・騒音対策の事例
 - 第4章 鉄道橋における振動・騒音対策の事例
 - 第5章 歩道橋における振動対策の事例
 - 第6章 振動・騒音に対する評価法
 - 第7章 振動・騒音対策に関する課題と今後の動向
- ・ 第7章について、道路管理者が現在の振動騒音対策に対してどのような点を課題としているのかを中心に記載してはどうかとの意見が出された。
- ・ 現在掲載中の対策方法や評価法に関して、課題となっている点を5月中旬までに杉山委員長(t-sugiyama@yamanashi.ac.jp)にメールで提出することになった。
- ・ 最終報告書に掲載する対策事例において、場所が特定できるものについては、問題にならないように確認すること。
- ・ 話題提供頂いた方から対策事例を執筆頂く予定である。
- ・ 畑中委員が“歩道橋における振動対策の事例”として1事例を追加する。
- ・ 吉田委員が“鉄道橋における振動・騒音対策の事例”として1事例を追加する。
- ・ 高田委員が振動騒音対策法の紹介という観点から自社製品の紹介を執筆する。
- ・ 平山委員は“鉄道橋における振動・騒音対策の事例”を追加できるか関係者に確認する。
- ・ 竹宮委員にWIBに関する論文から1事例を依頼する（深田から竹宮先生に連絡）。
- ・ 日本橋梁建設協会にて投稿した延長床版に関する論文（鋼構造論文集）を1事例として追加できるか確認する（畑中委員担当）。

2. 今後の小委員会活動について

- ・2008年11月4日(火)13:00~17:00 土木学会講堂にて、講習会を行い、講習会テキストを最終報告書とする。一人15分程度、各対策事例について講演する予定である。プログラム等の具体的な講演内容については、8月末までにメールする予定である。講習会を行うメンバーは、現在の委員会のメンバーが行う。
- ・最終報告書としての対策事例を6月末までに深田幹事長 (sai_ji@t.kanazawa-u.ac.jp) まで提出することとする。
- ・本小委員会は3月末で一度終了する。それ以降は、これまでの知見を引き継ぎ、さらに発展したテーマを掲げて新規に委員の公募を行う予定である。

3. 次期の小委員会について

- ・次期の小委員会におけるテーマについて意見交換が行われた。
- ・杉山委員長から現在までに得られた振動・騒音対策に関する知見を生かして、新設の橋梁設計に取り入れることができるような点を検討してはどうかと提案された。
- ・酒井委員から振動・騒音問題が生じている多くの事例を収集して分析することにより、新設設計に生かせる項目を検討してはどうかと提案された。