

道路政策の質の向上に資する技術研究開発

【研究状況報告書（2年目の研究対象）】

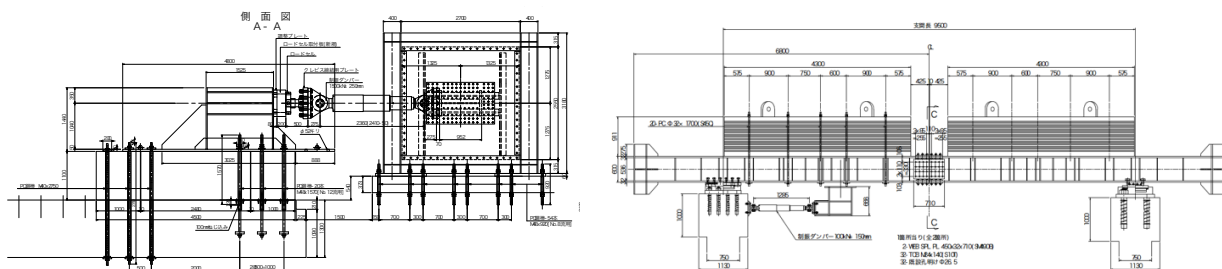
①研究代表者		氏名（ふりがな）		所属		役職	
		高橋良和（たかはしよしかず）		京都大学		教授	
②研究 テーマ	名称	制振ダンパーを有する橋梁における三次元ダンパー部材抵抗と橋全体系応答性状の把握					
	道路行政 技術開発 ニーズ	No.			政策 テーマ		
		項目名					
③研究経費（単位：千円）		令和6年度	令和7年度	令和8年度	総合計		
※R6は精算額、R7は受託額、R8は計画額を記入。端数切捨。		4,491	4,497	5,000	13,988		
④研究者氏名（研究代表者以外の共同研究者の氏名、所属・役職を記入。なお、記入欄が足りない場合は適宜追加下さい。）							
氏名			所属・役職				
秋山充良			早稲田大学・教授				
長山智則			東京大学・教授				
藤倉修一			宇都宮大学・教授				
松崎裕			東京科学大学・准教授				
植村佳大			京都大学・助教				
福井弘久			防災科学技術研究所・契約研究員				
⑤研究の目的							
<p>実大・実速度による制振ダンパーの一方向・三方向加力実験と、制振ダンパーを有する上部構造モデルの振動実験を実施して、質の高い抵抗・応答データを取得し、橋全体系の耐震設計法の高度化に直接資することができる抵抗・応答評価法を開発する。</p> <p>本研究では、目的達成のため、日本最大動的加力試験機E-アイソレーション、世界最大震動台E-ディフェンスを用いた実験による質の高いフィジカル空間データの取得を核として、実施する。①制振ダンパーの取付部を含む抵抗性能の把握、②制振ダンパーを有する上部構造の三次元応答性状の把握、③制振ダンパーを有する橋の耐震設計に向けた抵抗性能・作用効果の評価、の3つを目標として設定する。</p>							

⑥これまでの研究経過、目標の達成状況、研究成果

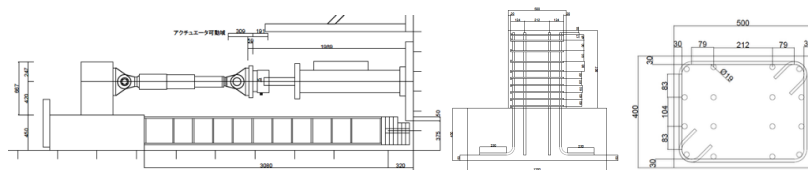
研究2年目は、設定した目標より、②制振ダンパーを有する上部構造の三次元応答性能の把握 a E-ディフェンスによる上部構造模型の一方向加振実験に向けた検討」を中心とし、「①制振ダンパー単体の設計で意図する一方向抵抗性能データの取得、③ 制振ダンパーを有する橋の耐震設計に向けた抵抗性能・作用効果の評価」を実施することを計画した。特に研究目標②では、「桁端部に設置される橋梁ダンパーシステムを再現した上部構造部分模型を用いた加振実験」と「下部構造で支持された橋全体系模型を用いた震動台実験に向けた試験体の詳細設計」を実施している。

研究目標②「桁端部に設置される橋梁ダンパーシステムを再現した上部構造部分模型を用いた加振実験」では、橋梁用粘性ダンパー・鉸桁ウェブ模型・ダンパー取付ブラケット・鉸桁ウェブ模型設置治具・ダンパー基部設置治具より構成される試験体を設計・製作し、鉸桁ウェブ模型設置治具は震動台上に、ダンパー基部設置治具は反力床上に設置する（左図）。平面寸法約3.5×3.2 mの橋鉸桁ウェブ部に対し、片面に橋梁用1500kN粘性型制振ダンパーをダンパー取付ブラケットを介して設置し、その裏面を落橋防止構造としての桁補強を施している。本年度実験のため、防災科学技術研究所と実験実施に関する共同研究契約を締結し、2025年12月1～19日の間、E-ディフェンスを借り受け、11、12日に加振実験する。

研究目標②「下部構造で支持された橋全体系模型を用いた震動台実験に向けた試験体の詳細設計」では、まず上部構造として、スパン9.5m、上部構造重量130tonfの上部構造に100kN制振ダンパー2基を設置する試験体（右図）を設計した。10月に発刊された道路橋示方書における減衰付加装置を用いた橋の応答を再現するための実験として位置づけることが有効と考え、土木研究所と協力し、設計した上部構造をRC橋脚で支持するための設計を進めている。



研究目標①「制振ダンパー単体の設計で意図する一方向抵抗性能データの取得」においては、橋梁用300kN粘性型制振ダンパーをRC取付ブラケットに取付けた動的載荷実験（下図）を1月に実施予定である。取付部に遊間があることを模擬し、取付部に生じる衝撃を計測するための実験である。研究目標③「制振ダンパーを有する橋の耐震設計に向けた抵抗性能・作用効果の評価」においては、減衰特性に強い方向性を有する制振ダンパーを設置した橋を等価な1自由度系の振動モデルとして扱うための方法論を検討するため、まずは制振ダンパーを有しない曲線橋を等価一自由度モデルに変換する検討に着手している。



⑦中間評価で指摘を受けた事項への対応状況

1年目の研究を対象とした中間評価では、妥当性評価として「A」評価を、また「現行の通り推進することが妥当である」とご意見いただいているため、当初計画・方法により研究を遂行している。

参考意見として、「ダンパーの性能を十分に発揮させるため、ブラケット取付部の挙動、要求性能や構造改良などについて検討いただきたい」といただいております。今年度実施するE-ディフェンス実験において、ダンパー取付部の桁補強部のひずみやウェブ部の面外たわみなどの計測点数を増やしている。本実験の結果を踏まえて、取付部の構造改良の必要性について言及していきたい。

同じく参考意見として、「3年目に実施予定の制振ダンパーを有する橋全体系の動的解析の検証と妥当性確認については、検証に時間がかかると思われるため、研究計画を1年前倒して次年度（今年度のこと）から始めることが望ましい。」といただいております。試験体設計のために動的解析を実施しているため、本年度の成果として組み込みたいと考えている。

⑧研究成果の発表状況

Y. Takahashi: Overview of Use of Isolation and Energy Dissipation Systems for Bridges in Japan, 19th World Conference on Seismic Isolation, Energy Dissipation and Active Vibration Control of Structures, 招待講演, Berkeley, USA, 2025年11月
澤田あおい, 植村佳大, 高橋良和: 橋梁用制震ダンパー取付部の裏面補強に着目した解析的検討、第45回地震工学研究発表会講演論文集、2025年9月
益川敬行, 植村佳大, 高橋良和: E-アイソレーションにおける取付部を含む実大制震ダンパーシステムの動的加力実験、第45回地震工学研究発表会講演論文集、2025年9月
金原大樹, 植村佳大, 高橋良和: 鋼アーチ橋の地震応答解析における制震ダンパーシステムのモデル化に関する考察、第28回橋梁等の耐震設計シンポジウム講演論文集、pp. 221-228、2025年7月
澤田あおい, 植村佳大, 高橋良和: 橋梁用制震ダンパー取付部の裏面補強効果に関する有限要素解析、第28回橋梁等の耐震設計シンポジウム講演論文集、pp. 205-212、2025年7月
益川敬行, 植村佳大, 高橋良和: 取付部を有する橋梁用制震ダンパーを対象とした実大加振実験、第28回橋梁等の耐震設計シンポジウム講演論文集、pp. 9-16、2025年7月

⑨研究成果の活用方策

本研究で得られる成果は、実大・実速度による載荷実験に基づく制振ダンパーの抵抗性能、ならびに制振ダンパーを有する上部構造の応答性状に関する質の高いフィジカル空間データを取得することである。昨年度・今年度実施する実験から、ダンパー取付部に関する要求性能や構造改良につながる高品質な実験データを取得できるため、現在、落橋防止構造の取付部の設計が準用されているが、ダンパーの性能を十分に発揮させるための取付部設計の確立への活用を期待している。次年度実施する橋全体系模型を用いた震動台実験では、制振ダンパーを有する橋全体系の動的解析の検証と妥当性確認を実施するための実験データを取得できる。10月に改定された道路橋示方書では、制振ダンパーは橋が所要の耐荷性能を実現するための合理的な手段となり得ることを指摘しつつ、橋の減衰特性を適切に評価できる方法やエネルギー吸収を考慮できる普遍的な条件が定まっていないことから、橋の耐荷性能そのものは担わない減衰付加装置の記述が追加された。本研究データは、制振ダンパーを有する橋の減衰特性を評価するための方法論を検討するために活用することにより、制振ダンパーを有する橋梁の動的耐震設計法の高度化に直接貢献することができる。

制振ダンパー技術の不確実性を低減することで、道路の強靱化事業による既存橋梁の耐震補強策の選択肢も増え、大地震後の緊急輸送道路としての供用を確実なものとするにも貢献できる。

E-ディフェンスを用いた大型実験結果は、E-Defense実験データアーカイブ(ASEBI)より公開するため、研究期間終了後もデータを利用することが可能であり、第三者が成果を活用することができる。

⑩特記事項

海外では、大型動的加振試験機を有する米国・中国・台湾等において、実大・実速度の制振ダンパーの実験は積極的に進められているものの、橋梁構造を対象とした取付部を含めた動的実験は実施されていない。橋の耐震設計で想定する制振ダンパー減衰機能の確実な発現を保証するための取付部設計を改良することは、実設計に直接貢献できる。さらに、取り付けられる橋梁上部構造をも模擬した動的実験を実施することは、学内外へ極めてインパクトが大きい検討となる。

さらに次年度に実施予定の下部構造で支持された橋全体系模型を用いた震動台実験は、橋梁構造としては、2010年に実施された実物大RC橋脚以来のE-ディフェンスを用いた実験であり、上部構造をも含む橋梁模型実験は初めてとなることから、さらにインパクトが大きい検討になると考える。

研究の進捗については、E-アイソレーション、E-ディフェンスという日本を代表する動的実験施設を用いた実験を実施できる見込みであることから、研究期間内に目指す目標を効率的かつ計画通り進めていると自己評価する。