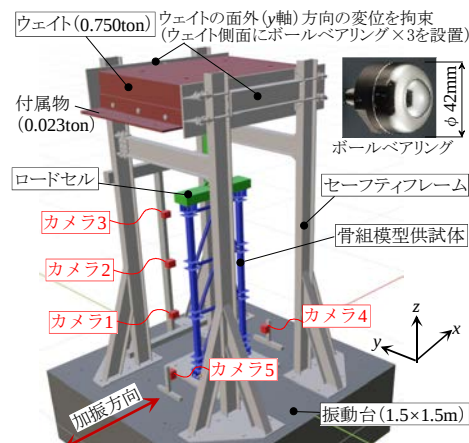


非エネルギー吸収部材からなる骨組構造の地震時崩壊挙動の予測

九州産業大学 正会員 ○奥村徹, 奈木野雷汰, 鈴木望巳

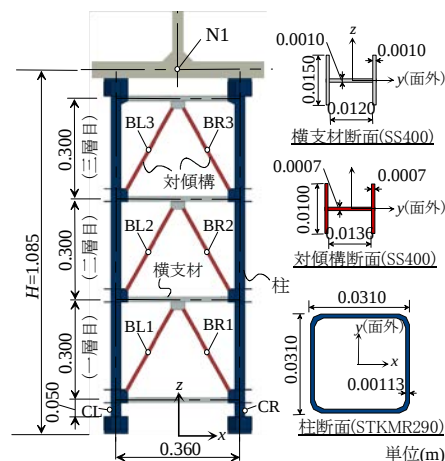
1. 目的

鋼アーチ橋や鋼トラス橋では、複数の非エネルギー吸収部材の損傷を伴う構造全体系の安全性を照査する手法が確立されていないことから、弾性範囲にとどめる耐震設計が行われる。やや合理性は欠くものの、あらかじめ規定された地震作用に対しては安全側の設計である。しかし、設計の規模を上回る想定外の地震作用に対する崩壊等の致命的な被害防止を検討する場合には上記の設計上の限界状態を超えた構造全体系の挙動の予測や評価を行う必要がある。本研究では、鋼アーチ橋や鋼トラス橋に代表される非エネルギー吸収部材からなる鋼橋の設計用地震動に対する耐震設計の合理化、および想定外の地震作用に対する致命的な被害の防止を検討する上で重要な技術となる“設計上の安全限界を超える領域を対象とした数値シミュレーション手法”の確立を目指し、骨組構造が崩壊に至る振動台実験とその再現解析を行った。

図-1 振動台実験の概要¹⁾

2. 振動台実験の概要

振動台実験の概要を図-1に示す。ウェイトには加速度計、レーザー変位計、損傷が予想される個所にひずみゲージを設置した。骨組全体の水平荷重や水平変位などの巨視的な挙動に加え、画像解析 (DITECT 社製, DIPP-Motion V/2D) により、対傾構の座屈によるたわみの時刻歴応答を計測した。入力地震動は水平1方向に設計用レベル2地震動 II-II-2 の加速度振幅を120%に増幅したものをを用い、文献1)で実施した振動台実験と比べて、骨組模型が明確な崩壊に至る状態を目標として複数回加振を行った。結果として、2回目の入力時に骨組模型に著しい損傷を伴いセーフティフレームに衝突し実験を終えた。

図-2 模型供試体の概要¹⁾

3. 模型供試体とFEモデル

振動台実験に用いた模型供試体の概要を図-2に示す。上路式鋼アーチ橋の端柱をもとに設定（縮尺率 $1/s=1/16.5$ ）した対傾構を有する三層の骨組構造であり、著者らが実施した既往の振動台実験¹⁾で用いた対傾構の座屈を伴う崩壊モードとなった模型供試体と同一の寸法諸元とし、同一ロットの鋼材を用いて製作した。

解析に用いるFEモデルにはシェル要素を用い、事前に計測した板厚を反映した。材料構成則は使用鋼材 (STKM290, SS400) の一軸引張試験による応力ひずみ関係を適用したマルチリニア型の移動硬化則とした。ただし、粘性減衰 (Rayleigh 型を仮定) と対傾構の初期たわみは振動台実験の結果をもとに同定した。解析ソフトウェアは、今回の模型レベルでの精度検証後にスーパーコンピュータを用いた実橋梁のシミュレーションを実施することを視野に入れ、SeanFEM²⁾を用いた。なお、解析においては接触挙動を考慮していない。

4. 数値シミュレーションによる再現性

骨組全体の挙動として骨組上部 (N1 点, 図-2 参照) の水平荷重-水平変位関係を図-3に、水平変位の時刻歴応答を図-4に示す。また、対傾構の座屈による部材中央点 (BR1~3, BL1~3 点) のたわみの時刻歴応答を各加

キーワード 崩壊挙動, FE 解析, 振動台実験, 鋼構造

連絡先 〒813-8503 福岡市東区松香台 2-3-1 九州産業大学 TEL 092-673-5671

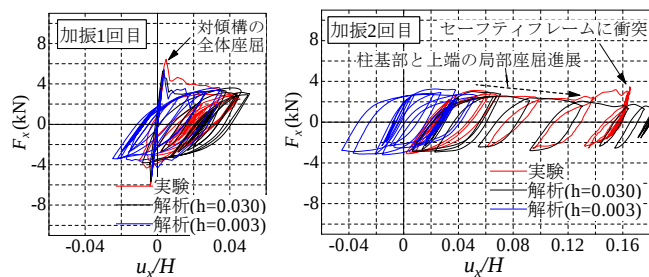


図-3 水平荷重—水平変位関係

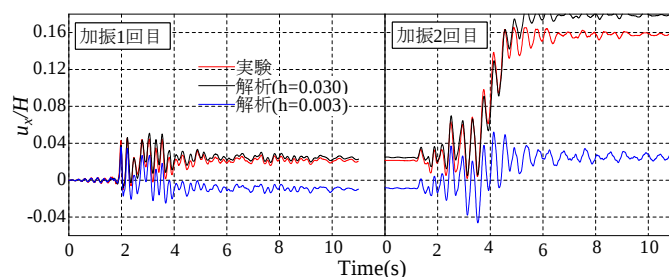
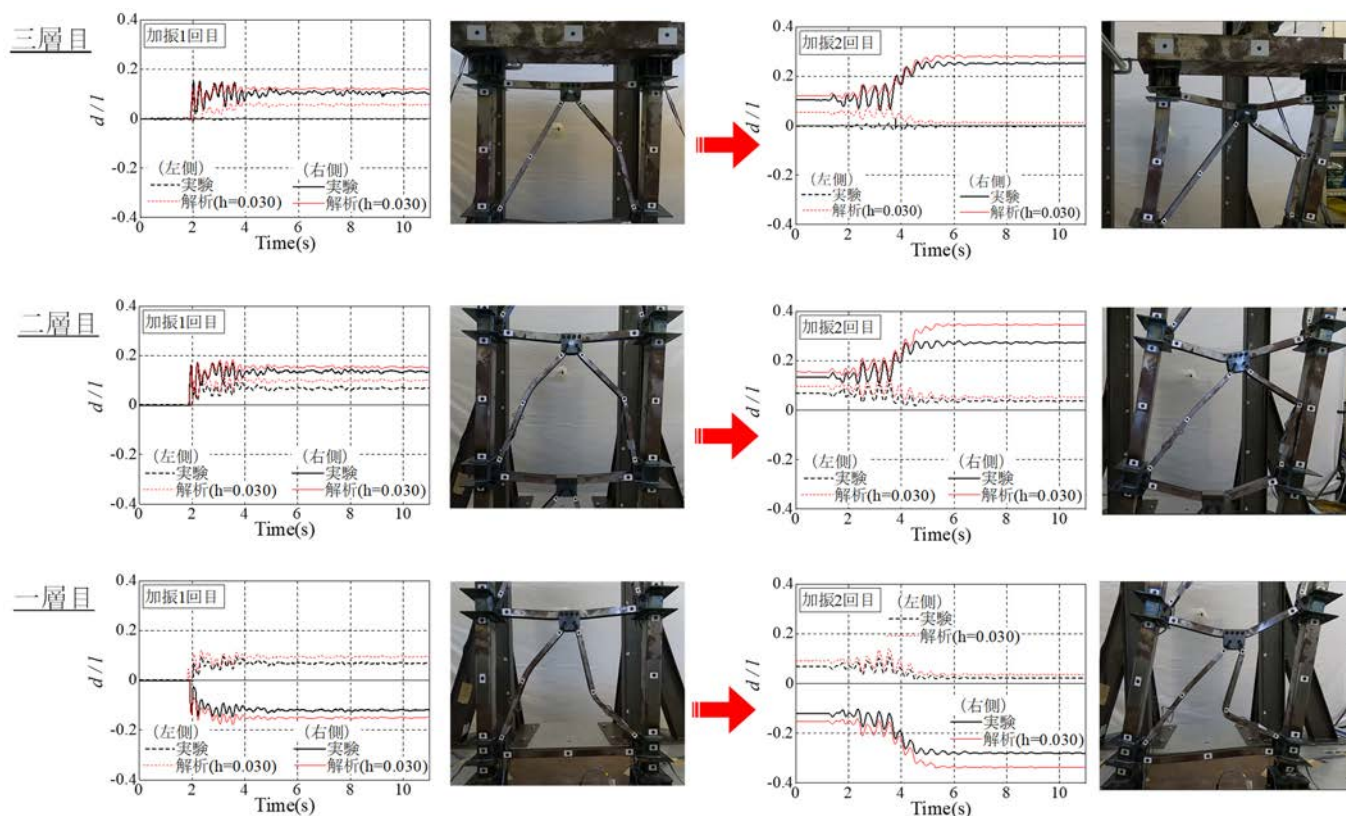


図-4 水平変位の時刻歴応答

図-5 対傾構のたわみの時刻歴応答と加振後の変形形状 (d : 対傾構のたわみ, l : 部材長)

振終了時の変形形状の写真とともに図-5に示す。解析結果として、粘性減衰を3% ($h=0.030$)とした場合は骨組全体の巨視的な挙動のみならず、骨組の構成部材である各対傾構の座屈挙動に至るまで精度よく再現できていることが確認できる。一方、粘性減衰を0.3% ($h=0.003$)と設定した場合には1回目の加振において負側に大きく振り戻されたことにより、後続の2回目の加振において最大変位、残留変位ともに実験結果とくらべかなり小さくなる。粘性減衰を小さく設定することにより、必ずしも応答値が大きく評価されることにはならない。

5. まとめ

対傾構を有する骨組構造が設計上の安全限界を超える挙動を対象として、振動台実験の結果をもとに数値解析手法の精度検証を行った。構造諸元や材料特性の計測値を正確にモデルに反映することで精度よく動的崩壊挙動を予測できることを示した。その一方で、粘性減衰や初期たわみなどの不確定量が解析結果に大きな影響を及ぼす場合があることが明らかとなった。複数の部材の損傷を伴う骨組構造の挙動を評価する場合には、これら不確定量の及ぼす影響に注意する必要がある。

謝辞

本研究の一部は、JSPS 科研費 JP20K04674 の助成を受けた。

参考文献

- 1) 奥村徹, 松村政秀, 野中哲也: 振動台実験による対傾構を有する骨組構造の地震時崩壊挙動に関する検討, 土木学会論文集 A1 (構造・地震工学), 78(3), pp.462-479, 2022.
- 2) 株式会社地震工学研究開発センター: SeanFEM ver.1.2.3.理論マニュアルと検証, 2007.