

対傾構を有する骨組構造の動的崩壊挙動を対象とした振動台実験

九州産業大学 正会員 ○奥村 徹, 神崎勝風, 渡部竜也, 堀口雄成

1. 目的

アーチ橋やトラス橋などの非エネルギー吸収部材からなる橋梁は設計用地震動に対して基本的には弾性範囲にとどめる設計が行われている。しかし、想定外の地震作用に対して構造系の大規模崩壊などの致命的な被害を防止するためにはこれらの構造の崩壊挙動特性を明らかにし、その予測手法¹⁾を確立する必要がある。本研究では、非エネルギー吸収部材からなる骨組構造の動的崩壊挙動に関する基礎的なデータを得るために、上路式鋼アーチ橋の端柱部分を想定した崩壊モードの異なる2種類の骨組模型供試体を用いて振動台実験を実施した。

2. 模型供試体と加振実験の概要

加振実験に用いた2種類の骨組模型供試体 (FrameA, B) の概要を図-1に示す。これらの骨組模型は実大の上路式鋼アーチ橋の端柱を参考に設定 (縮尺率 $1/s=1/16.5$) した。FrameA は対傾構に座屈が生ずる崩壊モード, FrameB は柱基部が圧縮破壊する崩壊モードとなるようそれぞれの対傾構の断面寸法のみを変えている。入力地震動は事前に実施したFE解析に基づき、振動台の加振能力の範囲で模型供試体が最大耐荷力を超え、崩壊に至る地震動としてTYPEIIのII種地盤用の設計用地震動II-II-2を選定した。相似則に基づき、時間軸はもとの波形の $\sqrt{1/s}=0.246$ 倍とした。本実験では目標波の加速度の振幅倍率を100%と設定した場合を3回連続して入力した後に、さらに目標波に対する振幅倍率を120%に増幅した入力を行う。なお、FrameBでは振幅倍率100%の1回目の加振時に崩壊に至ったため、ここで実験を終えた。

3. 骨組模型の崩壊挙動

崩壊モード: FrameAの各加振ケース後の残留変形状を写真-1に示す。FrameAでは振幅倍率100%の1回目の入力に対してはほぼ初期の骨組形状を維持しており、明確な残留変形は生じていない。しかし、2回目の加振後には左側(-x側)のすべての層の対傾構に座屈による残留変形が生じていることがわかる。以降、加振を重ねるごとに左側の対傾構の座屈形状のたわみと骨組上部の水平方向の残留変位が増加している。各層は概ね水平を維持しており、せん断変形に近い損傷モードとなっていることが確認できる。FrameBでは振幅倍率100%の1回目の加振に対して、写真-2に示すように、左側(-x側)の柱基部に大きな局部座屈が発生し、このセグメント領域が圧縮破壊した。FrameAと較べて、水平変位、鉛直変位は大きく生じていることがわかる。

力学挙動: 骨組上部 (図-1, N1点) における水平変位の時刻歴応答を図-2に、また同点における水平荷重-水平変位関係を図-3に示す。N1点の変位は画像解析により計測した。FrameAでは、振幅倍率100%の1回目の加振に対してはほぼ線形的な挙動を示している。後続の2回目の加振では水平荷重-6kN付近で急激な耐力低下が生じ、その後は負側にやや偏った水平変位が生じている。さらに3回目の加振では、加振の初期からすでに剛性が大幅に低下 (1回目の加振の剛性の0.30倍) しており、負側の最大応答時にはほぼ剛性が0とな

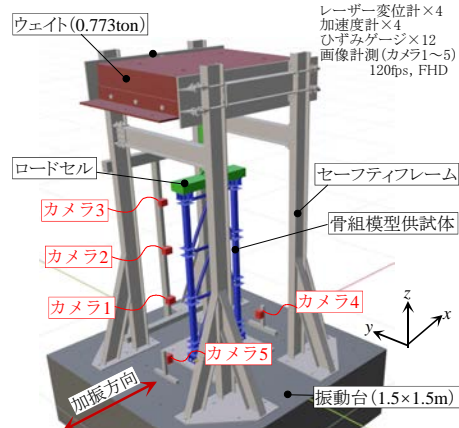
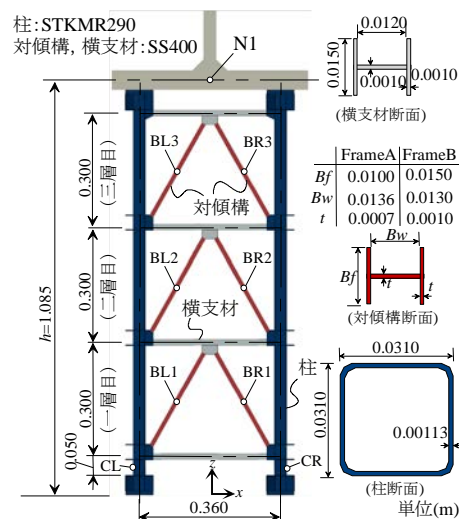
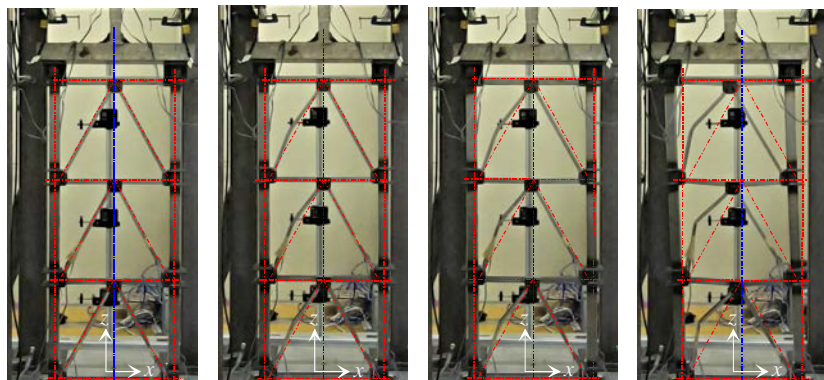


図-1 模型供試体と実験の概要

キーワード 崩壊挙動, 振動台実験, 非エネルギー吸収部材

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



(a) 100% (1回目) (b) 100% (2回目) (c) 100% (3回目) (d) 120%
写真-1 FrameA の各加振後の残留変形

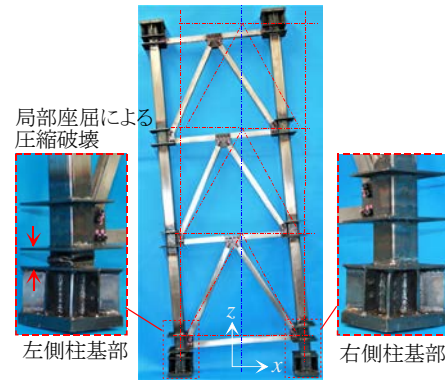


写真-2 FrameB の加振後の残留変形

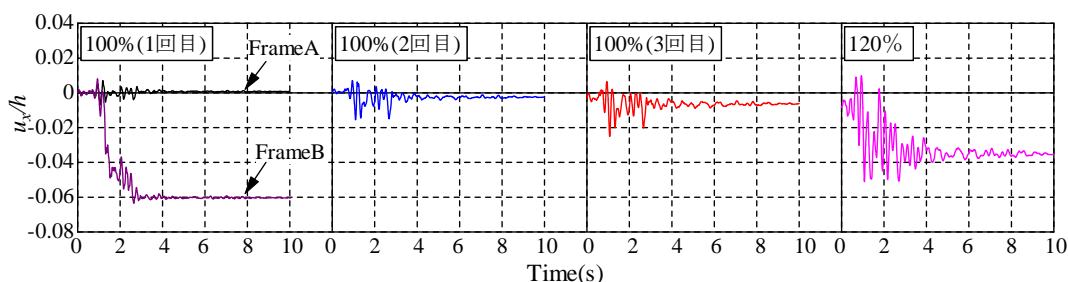
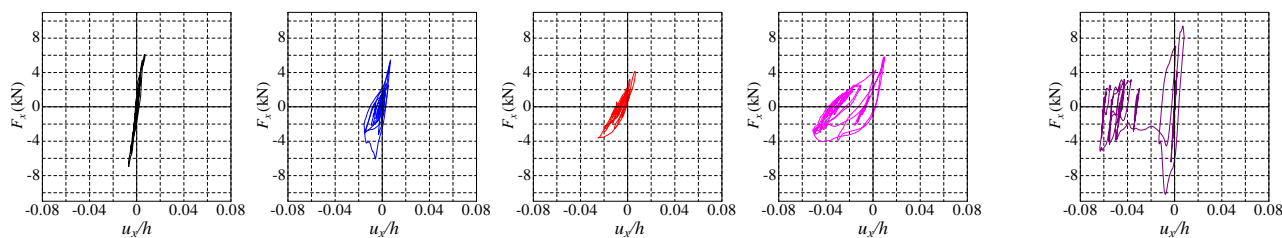


図-2 骨組上部の水平変位の時刻歴応答



(a) 100% (1回目) (b) 100% (2回目) (c) 100% (3回目) (d) 120%

図-3 水平荷重-水平変位関係 (Frame A)

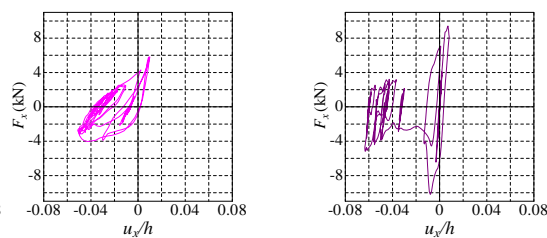


図-4 水平荷重-水平変位関係 (Frame B)

り最大耐力近傍に至る挙動を示している。FrameB については、写真-2 で示したように振幅倍率 100% の 1 回目で左側の柱基部のセグメントに局部座屈が発生し、この部位が圧縮破壊した。図-2 に示す水平変位は $t=1.2\text{s}$ 以降に急激に負側に増加している。残留水平変位は FrameA よりも大きく、骨組高さに対する比 $u_{x,R}/h$ は 0.06 にまで及ぶ。さらに FrameB では剛体回転により鉛直方向にも大きな残留変位を伴う点が特徴的である。水平荷重-水平変位関係 (図-4) については FrameA の挙動と比較すると最大水平荷重が大きく、負側では -10kN 以上生じている。しかし、柱基部の局部座屈により大幅な耐力低下が生じ、最終的には負側の柱基部セグメントが圧縮破壊した状態に至るため上記の大きな残留変位が生じている。

FrameA, B 間の差異は対傾構の断面寸法のみであり、FrameB は対傾構の座屈耐力を向上させた耐震補強構造と位置付けることもできる。しかし、加振実験で示したようにある部材の耐力を向上させることが必ずしも構造全体系の崩壊性状を好ましい方向に誘導する保証はないので、崩壊挙動を精度よく予測しうる解析手法を整備する必要がある。

4. まとめ

加振実験により非エネルギー吸収部材からなる骨組構造の 2 種類の崩壊モードを再現し、崩壊性状の特性について考察した。また、崩壊挙動を対象とした数値解析の精度検証に用いる詳細なベンチマークデータを得た。

謝辞：本研究は科学研究費・基盤研究 (C) (課題番号：20K04674, 研究代表者：奥村徹) の助成を受けたものである。

参考文献：1) 奥村徹, 馬越一也, 野中哲也, 吉野廣一：非エネルギー吸収部材の損傷を伴う上路式鋼アーチ橋の構造全体系の地震時終局挙動, 構造工学論文集, Vol.66A, pp. 264-273, 2020.