

繰り返し荷重下での新型鋼輪落橋防止装置の実験的検討

名城大学大学院 学生会員 ○浅野 拳斗 名城大学大学院 孫 巨搏 名城大学 フェロー 葛 漢彬

1. まえがき

落橋防止装置としてケーブル式やストッパー式が広く使用されるが、剛性が過剰に大きくなることや変形性能が低い等の問題点が存在する。それらの問題点を改善するために著者ら¹⁾は新たな落橋防止装置として、図-1 に示すような鋼輪型拘束材（Steel Ring Restrainer, 以降 SRR と呼称）を考案し、単調荷重下での力学的挙動について実験的および解析的検討²⁾が行われた。そこで本研究は、繰り返し荷重下での SRR の挙動や性能を評価するための実験的検討が行われた。

2. SRR の概念

SRR は橋梁の上部構造と下部構造の間に設置される落橋防止装置であり、多径間単純支持橋や多径間連続橋だけでなく、アーチ橋や吊橋、斜張橋など様々な種類の橋に適用することができる。SRR は、図-1 に示すように、鋼輪、上下滑車、および付属接続部から構成されている。SRR の動作過程の特性として典型的な荷重－変位履歴曲線の中でいくつかの特徴点が存在する。図-2 に示すように、特徴点（A 点～E 点）によって6つの段階があり、非動作域、初期剛性域、緩衝域、二次剛性域、強化域、劣化域に分けられている。

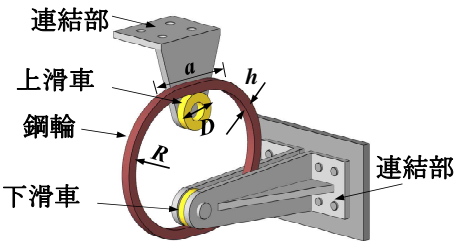


図-1 SRR の概念図

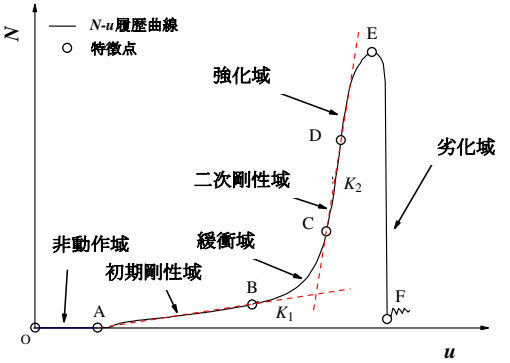


図-2 SRR の動作メカニズム

表-1 試験片寸法

	鋼種	h(mm)	w(mm)	a(mm)	R(mm)	D(mm)
CS2h12w10R120a0D40	Q235	12.02	9.40	0.00	120.00	36.00
CS2h15w10R120a25D40		14.92	9.22	25.00	120.00	36.00
CS2h20w10R120a25D40		20.04	9.02	25.00	120.00	36.00
CS3h12w10R120a0D40	Q345	11.36	9.32	0.00	120.00	36.00
CS3h15w10R120a25D40		14.87	9.15	25.00	120.00	36.00
CS3h20w10R120a25D40		20.08	8.88	25.00	120.00	36.00

3. 実験概要

3.1 供試体のデザイン

異なる材料や形状が耐震性能や破壊モードに与える影響を調べるために、鋼材 Q235 と Q345 の 2 種類の材料で 6 つの試験片を用いた。この試験片は既往の研究²⁾の単調載荷実験に使用したものと同じで、Q235 鋼ではヤング率 216GPa、降伏応力 294MPa、引張応力 424MPa であり、Q345 鋼ではヤング率 211GPa、降伏応力 377MPa、引張応力 549MPa であり、ポアソン比はともに 0.27 であった。また、各試験片の詳細を表-1 に示す。

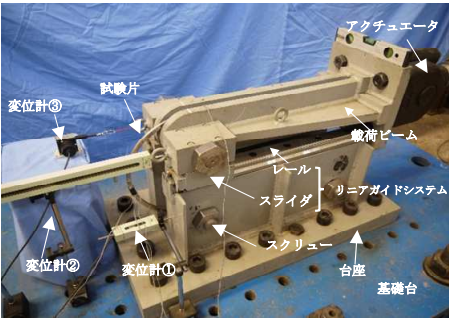


図-3 実験概要



図-4 破壊モード

3.2 実験の設置や手順

実験装置の写真を図-3 に示し、荷重容量が±250kN、変位容量が±250 mm の MTS 試験機を用いて行った。試験片は、直径 36 mm の 2 本のスクリューの間に取り付けられ、滑車を模擬している。また、供試体からより正確な抵抗力を計測するために、台座とローディングビームの間にリニアガイドシステムを適用し、摩擦による抵抗を少なくした。そして、実験では 3 つの変位計を用いて測定し、測定位置を図-3 に示す。変位計①は

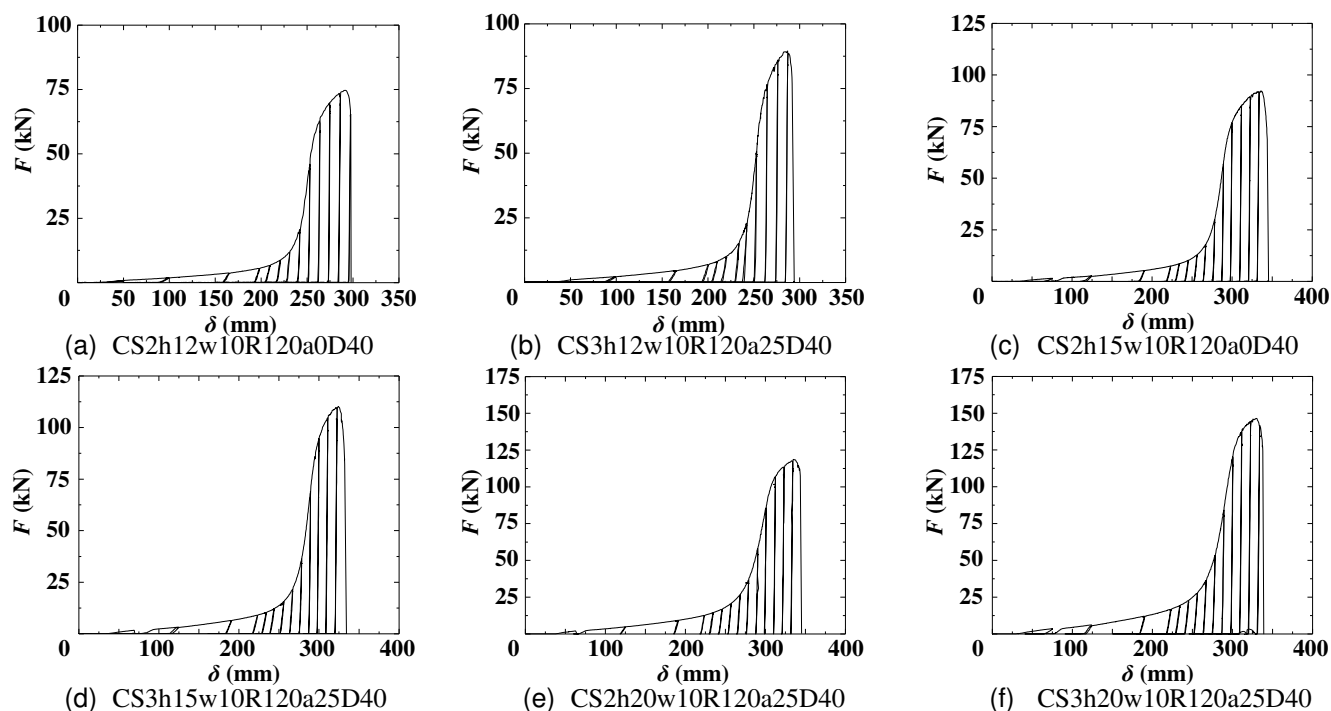


図-5 SRR の荷重－変位履歴曲線

装置全体の滑りを計測し、変位計②、③は移動端の変位を計測した。また、二次剛性域は小さく、その折り返し点を得るために、二次剛性域での振幅の増分を小さくする必要がある。そして、初期振幅は比較的大きく設計して、多くの箇所で降伏できるようにし、各サイクルの振幅は試験片の寸法に基づいて決定する必要もある。以上のことから、1, 3, 5, 7 回目の半サイクルの振幅は、それぞれ $R+a$ の 0.4, 0.8, 1.4, 1.6 倍とし、7 回目の半周期以降は、 $R+a$ の 0.1 倍になるように決定した。

4. 実験結果

4.1 破壊モード

図-4 は試験片の破壊モードを示す。破断が発生した箇所は鋼輪と滑車の接触部であり、すべての試験片に明らかなネッキングが 2 箇所発生している。原因としては、この時 SRR は強化域にあり、鋼輪は主に張力を受けるためと考えられる。このモードは既往の研究²⁾の単調荷重下での破壊モードと一致しており、初期剛性域で変形が発生し始めたことも確認できる。

4.2 履歴曲線

実験で得られた履歴曲線を図-5 に示す。各サイクルの面積の増分は、履歴曲線の増加と比例している。各サイクルの開始点は、その前のサイクルの終了点とほぼ一致しているため、連続する 2 つのサイクル間のオーバーラップ領域は無視できると考えられ、これは、2 章で紹介した SRR の動作メカニズムによるものである。図-5 に示すように、各サイクルの剛性については、各サイクルの除荷時の剛性 K_{un} と次のサイクルの載荷時の剛性 K_{re} は基本的に同じである。一般的に、各サイクルの K_{un} と K_{re} は、最初は履歴曲線の増加に伴って上昇し、一定の値を超えると変化しなくなる。このように、SRR は K_{un} と K_{re} の値が載荷中にほとんど低下しなく、荷重が増加した時も高い剛性を保持できることが、他の拘束材に比べて特に優れている点である。

5. あとがき

今後は、繰り返し荷重下での FEM 解析も通して SRR の挙動や性能をより明確にし、それに対応する予測式の提案が必要と考えられる。

参考文献

1) J.B. Sun, Z.F. Wang, D.W. Xue, H.B. Ge : Concept and behavior of a steel ring restrainer with variable stiffness and buffer capacity, J. Earthq and Tsunami, Vol.14, No.4, pp.2050020, 2020. 2) J.B. Sun : Development of a Novel Steel Ring Restrainer (SRR) with Rectangular Section, 第 41 回地震工学研究発表会, 2021.