

鋼上部構造縮小試験体による強度・変形能の再現性の検討

岐阜大学 学生会員 ○岩田 隆弘

岐阜大学 学生会員 井上 一磨, 岐阜大学 正会員 木下 幸治

1. 目的

鋼上部構造に対して、地震時に副次的な塑性化を考慮する場合、地震終了後に交換・補修が容易である端対傾構などの二次部材が挙げられる。これは、我が国でこれまでに経験した大規模地震時において、鋼上部構造の対傾構における損傷事例が報告され、地震終了後に交換・補修が実施されていることから考えられる。さらに、米国では対傾構にダンパーを付与し、積極的に塑性化させることで、主構造の損傷を抑えることが可能になるといった研究も進められてきている。以上より、今後、更なる耐震性能向上を図る上では、端対傾構に許容できる塑性変形性能、並びに鋼上部構造に設置するために主構造とそれらの耐力的なバランスなどについて検討する必要があると考えられる。そこで、本研究では、今後の鋼上部構造に関する実験的な研究を進める上で不可欠となる大型構造物の再現性の高い鋼上部構造縮小試験体を構築することを目的とし、文献 1)の大型実験装置を基に、縮小実験装置を作成し、端対傾構の強度・変形能を評価した。ここでは、対傾構無し縮小試験体の作成および載荷実験を行い、その大型構造物の再現性を評価するとともに、ファイバー要素解析の再現性についても確認した。

2. 縮小試験体と実験方法

図-1 に試験システムを示す。縮小試験体は、実構造との再現性を出来る限り高めるため、相似則に従い、文献 1)の実大の 0.42 スケールの大型試験体を縮小した試験体(実大の 0.24 スケール、大型試験体の 0.57 スケール)を作成した。試験方法は、鋼製フレーム内に試験体を設置し、油圧ジャッキにより繰り返し水平力を与える。繰り返し載荷は、大型試験体の実験と同様に漸増型繰り返し載荷で、各 2 サイクル載荷を行う。載荷は変位制御で行われ、主桁高さに対する水平変位 δ (mm) の割合を Drift 率 (%) とし、1.0% までは $\pm 0.25\%$ ずつ、2.0% までは $\pm 0.5\%$ ずつ、それ以降は $\pm 1.0\%$ ずつ変動させた。

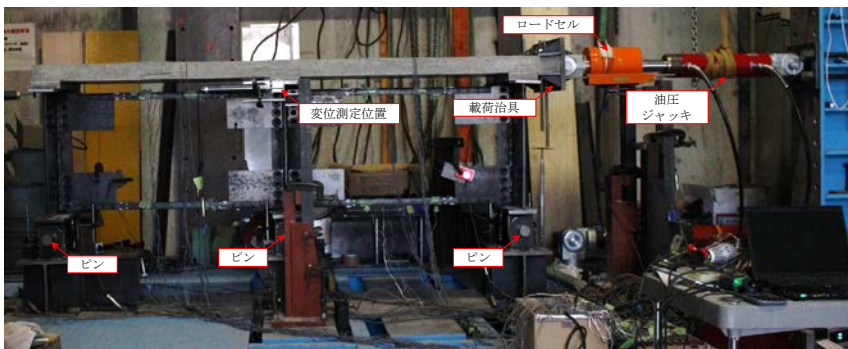


図-1 試験システム

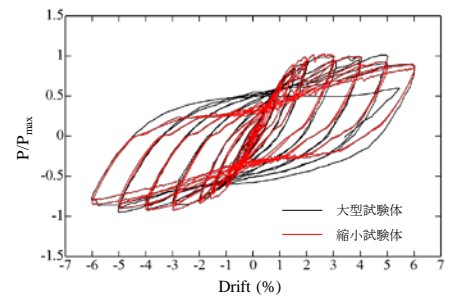


図-2 履歴曲線

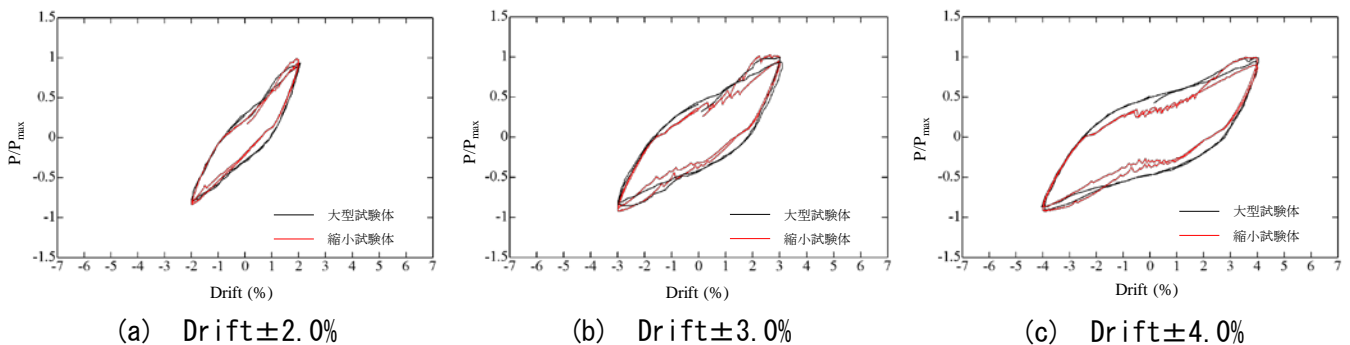


図-3 無次元化した各 Drift 率時の大型試験体と縮小試験体の履歴曲線

キーワード 鋼上部構造, 縮小試験体, 載荷実験, ファイバー要素解析

連絡先 〒501-1193 岐阜県岐阜市柳戸 1 番 1 岐阜大学 TEL 058-230-1111

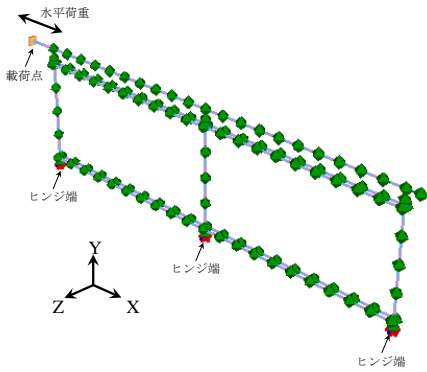
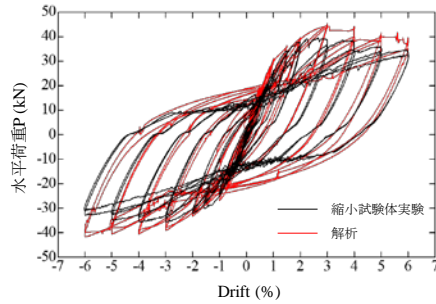
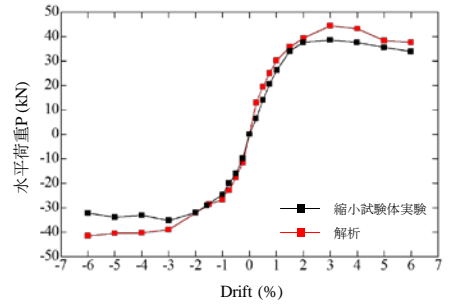


図-4 解析モデル

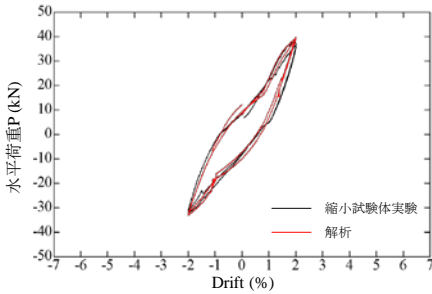


(a) 履歴曲線

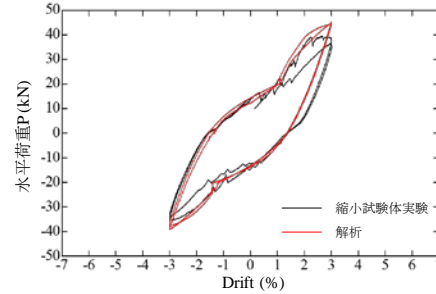


(b) 包絡線

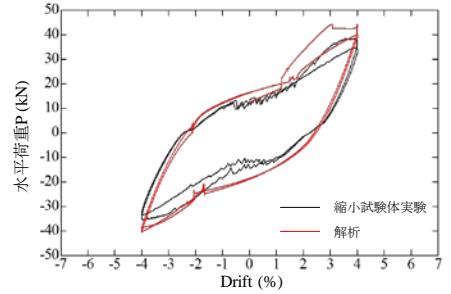
図-5 縮小試験体実験と解析結果の比較



(a) Drift±2.0%



(b) Drift±3.0%



(c) Drift±4.0%

図-6 各 Drift 率時の解析と実験の履歴曲線

3. 縮小試験体の載荷実験結果

図-2 に大型試験体の載荷実験と本研究で実施した縮小試験体の載荷実験の結果を示す。この時、水平変位 δ は Drift 率とし、水平荷重 P は最大耐力 P_{max} にて除している。この結果より、各 Drift 率時の大型試験体と縮小試験体の履歴挙動を比較したものを図-3 に示す。大型試験体、縮小試験体の両者は $\pm 3.0\%$ まで概ね一致しているが、 $\pm 4.0\%$ 以降になると、縮小試験体の履歴挙動が大型試験体と比べて逆 S 字型の挙動を示すことがわかった。これは大型試験体では勾配をもったハンチを有しているのに対し、縮小試験体では勾配を設けていないため、応力集中する箇所を起点に大型試験体よりも早くひび割れが生じ、ひび割れの増大に伴い、 $\pm 4.0\%$ 以降に、逆 S 字型の履歴曲線になったと考えられる。以上より、縮小試験体は大型試験体に比べ、最大耐力以降の損傷状況、履歴挙動は再現できなかったが、最大耐力までの損傷状況、履歴曲線はよく再現できたと言える。

4. 縮小試験体のファイバー要素解析

図-4 に縮小試験体の解析モデルを示す。図-5、図-6 に解析結果と縮小試験体の載荷実験の履歴曲線および包絡線と、各 Drift 率における履歴曲線の形状の比較を示す。解析の結果、最大耐力は Drift 率 3.0% 時に 45.3kN となった。解析結果と縮小試験体の実験結果を比較すると、正側の初期剛性が解析の方が大きくなったが、負側の初期剛性は一致し、Drift 率が $\pm 2\%$ までは各 Drift 率に対する水平荷重 P も比較的一致した。また、 $\pm 3.0\%$ では最大耐力は異なるが履歴形状は概ね一致したが、 $\pm 4.0\%$ では履歴形状が異なり、耐力の再現も出来ていない。これは、縮小試験体の載荷実験でせん断のひび割れの増大により、逆 S 字型の履歴曲線になるが、ファイバー解析ではせん断破壊を再現することが出来ないためと考えられる。以上より、構築した縮小試験体のファイバーモデルでは、Drift 率 $\pm 3.0\%$ までは縮小試験体の実験値をよく再現できたといえる。

参考文献

1) Hamidreza Bahrami : Guidelines for the seismic design of ductile end cross frames in steel girder bridge superstructures, Center for Civil Engineering Earthquake Research, UNR, Report No. CCEER 09-04, July.2010.