

エネルギー吸収型桁連結装置の塑性変形能力に関する解析的検討

関東学院大学 正会員 田中 賢太郎 摂南大学 正会員 頭井 洋
 大阪市立大学大学院 正会員 松村 政秀 関東学院大学 正会員 北原 武嗣
 大阪市立大学大学院 正会員 北田 俊行

1. はじめに

著者らは、上部構造の落橋防止機能と桁間衝突緩和機能とを兼ね備えたエネルギー吸収型桁連結装置として鋼製ベローズに着目し、これまでに、鋼桁橋の耐震性能の向上に対する有効性を実験および解析により明らかにしてきた^{1),2)}。鋼製ベローズには、プレート境界型および内陸直下型の地震動における本震および余震により、数十回にわたる繰り返し変形が生じることが想定される。

そこで本研究では、鋼製ベローズの繰り返し変形能力として、累積塑性ひずみ、および累積塑性変形倍率を、文献2)に示す繰り返し実験結果との比較をし、数値解析により明らかにすることを目的とする。

2. 鋼製ベローズの概要と解析モデル

本研究で検討している鋼製ベローズは、鋼板を半円筒状に曲げ加工し、図1（断面図）に示すような2枚1組にし、鋼桁同士を高力ボルト摩擦接合により連結する構造である。

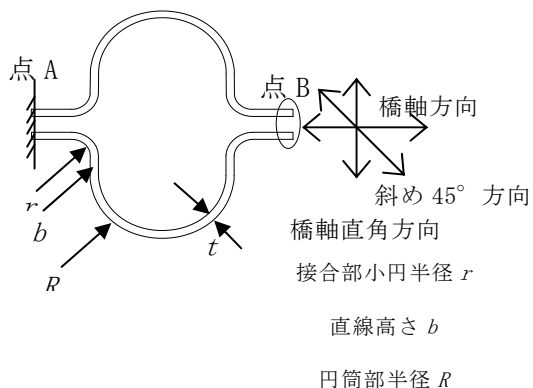


図1 鋼製ベローズの断面図

鋼製ベローズを、シェル要素によりモデル化した（高さ方向（図1に示す奥行き方向）には1要素分）。境界条件は、点Aを完全固定とし、点Bは荷重方向以外の変位と回転を拘束する。その他の節点は、ねじりと面内回転を拘束する。解析プログラムには、大阪市立大学とJIPテクノサイエンスにより開発された補剛板構造の耐荷力解析プログラムUSSP（Ultimate Strength of Steel Plated Structure）を用いる。

3. 累積塑性ひずみおよび累積塑性変形倍率

前章で述べた鋼製ベローズの解析モデルを用いて、点Bに強制変位を漸増荷重する弾塑性有限変位解析を行った。これにより、一定振幅の変位が橋軸方向、橋軸直角方向および斜め45°方向に繰り返し作用する場合²⁾の累積塑性ひずみ（ $\Sigma \gamma_p$ ）を算出する。

つぎに、累積塑性ひずみ（ $\Sigma \gamma_p$ ）を降伏ひずみ（ γ_y ）で除して塑性変形倍率（ $\Sigma \gamma_p / \gamma_y$ ）を求める。このとき、ひずみには、解析により得られた最大ひずみを用いる。なお荷重実験では、一定振幅±100mmの場合には橋軸方向は繰り返し9回目で、斜め45°方向では6回で破断した。橋軸直角方向の場合も±100mmで荷重を行ったが、10回では破断に至らなかった。荷重方向による破断回数に違いが出ており、斜め45°方向の場合が1番はやく破断した理由は、局所的に大きなひずみ値が生じていたからであると考えられる。

図2～図4には、解析により得た各変位方向の

キーワード エネルギー吸収型桁連結装置、鋼製ベローズ、累積塑性ひずみ、累積塑性変形倍率

連絡先〒236-8501 神奈川県横浜市金沢区六浦東1-50-1 関東学院大学 工学部 TEL 045-786-7807

荷重-ひずみ曲線を示す。横軸はひずみ、縦軸は鋼製ペローズの反力である。なお、これらの図の縦軸は、文献 2]の鋼製ペローズのサイズ（奥行 130mm）へ換算して示している。各変位方向ともに、安定した履歴特性を有していることが確認できる。また、エネルギー吸収量としては、3方向と比較して橋軸方向が 1 番大きくなっている。

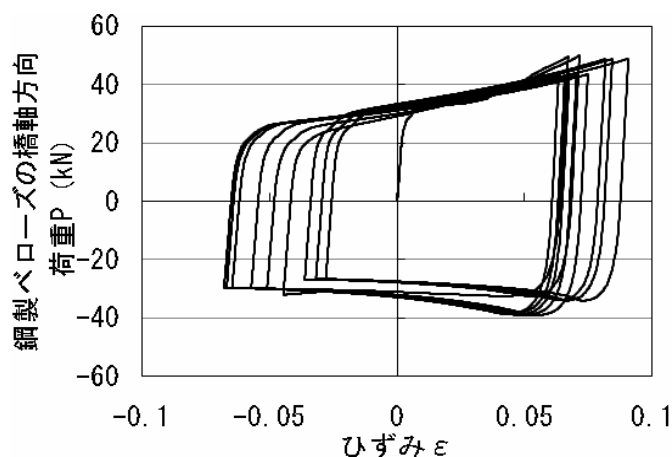


図2 荷重-ひずみ曲線（橋軸方向）

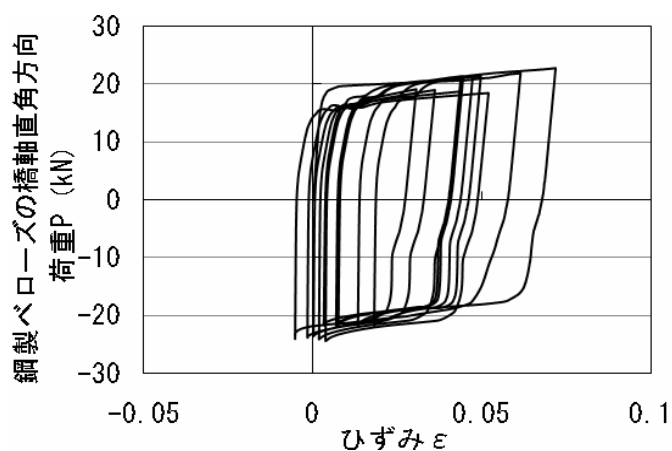


図3 荷重-ひずみ曲線（橋軸直角方向）

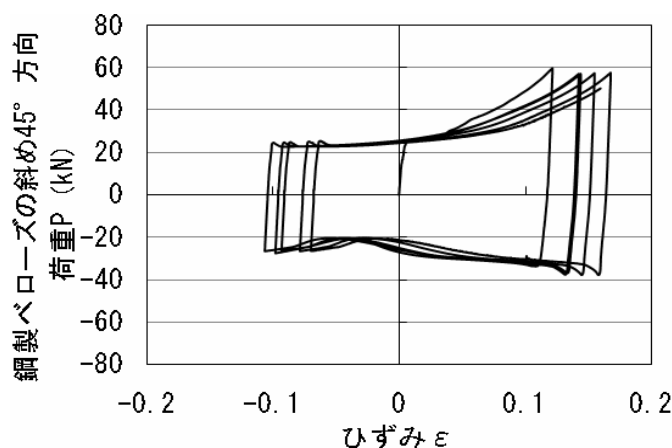


図4 荷重-ひずみ曲線（斜め 45° 方向）

つぎに、累積塑性ひずみ $\Sigma \gamma_p$ を算出する。このとき、橋軸方向および斜め 45° 方向は鋼製ペローズが破断した回数、破断の認められなかった橋軸直角方向は、繰り返し 10 回までの結果を用いるものとした。

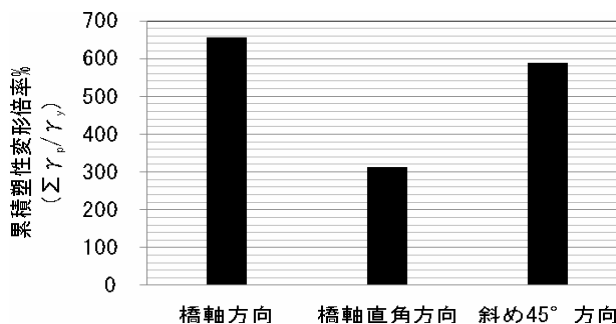


図5 累積塑性変形倍率 (%)

図 5 に累積塑性変形倍率を示す。累積塑性ひずみ $\Sigma \gamma_p$ および降伏ひずみ γ_y は、橋軸方向に関して 224.6%, 0.343%, 橋軸直角方向に関して 77.7%, 0.248%, および斜め 45° 方向に関して 250.8%, 0.425%, であった。本実験結果からは、対象とした鋼製ペローズは、累積塑性ひずみ $\Sigma \gamma_p$ 200%程度までは塑性変形能力を有していると考えてよいと判断した。

累積塑性変形倍率 ($\Sigma \gamma_p / \gamma_y$) は、橋軸方向および斜め 45° 方向に関しては 500 を超えており、橋軸直角方向に関しても 300 を超えている。この結果からも、鋼製ペローズは高い塑性変形能力を有しているものと考えられる。

参考文献

1. 田中賢太郎・頭井 洋・北田俊行：エネルギー吸収型桁連結装置の都市高架橋への適用，鋼構造論文集，第 10 巻，第 40 号，日本鋼構造協会，pp. 53-63，2003. 12.
2. 田中賢太郎・頭井 洋・北田俊行・松村政秀：橋軸直角方向の性能も考慮したエネルギー吸収型橋桁連結装置の制震効果について，鋼構造論文集，第 12 巻，第 48 号，日本鋼構造協会，pp. 77-88，2005. 12.