

制震機能付き道路橋伸縮継手としてのベローズの力学特性

摂南大学 学生会員 ○水野 哲人
 大阪市立大学 正会員 北田 俊行

摂南大学 正会員 頭井 洋
 大阪市立大学 正会員 松村 政秀
 川口金属工業(株) 正会員 吉田 雅彦

1. まえがき

鋼製ベローズは、これまでエネルギー吸収型桁連結装置として多くの研究がされており、制震デバイスとして有効な手段であることが示されている。この鋼製ベローズを道路橋伸縮継手として用いることにより、制震機能が付与され、さらに、舗装面に継ぎ目がなくなり、床版間の段差により生じる車両の衝撃荷重を大幅に低減でき疲労損傷や、振動騒音問題にも効果があると期待できる。

2. 基本構造と設置例

図-1 は道路橋伸縮継手としての鋼製ベローズの設置例を示したものである。図-1 に示すように、床版同士を鋼製ベローズで連結し、場合によっては、ベローズ構造の隙間にゴム体を充填する。ゴム体が高減衰ゴムを使用すれば、ベローズの履歴減衰に加えゴム体の減衰効果も期待できる。

3. 道路橋伸縮継手としてのベローズ単体の力学特性

鋼製ベローズ単体での力学特性として、初期剛性(k)や降伏強度(P_y)・降伏変位(U_y)などを設計計算式¹⁾より求めることができる。図-2 は設計計算式より求めた x (橋軸)方向および y (橋軸直角)方向のベローズの降伏変位(U_y)と半径 R との関係を示す。初期剛性や降伏強度についても同様の図が得られる。温度伸縮に対しては、常時荷重として疲労上問題のない応力状態となるベローズ寸法をこれらの図より決定できる。

4. ベローズにゴム体を充填した場合の力学特性

ベローズにゴム体を充填した場合の力学特性を、平面ひずみを仮定した FEM 解析により検討する。解析に用いる鋼製ベローズの構造諸元は、円筒部半径 90mm, 小円部 40mm, 板厚 9mm, 直線部分 10mm, 20mm, 降伏強度 $S_y=300 \text{ N/mm}^2$, 降伏後のヤング係数は $E/100$ として応力ひずみ関係はバイリニア移動硬化則を用いた。ゴム体は、線形弾性体と仮定し、ヤング係数を $E=100 \text{ N/mm}^2$, ポアソン比 $\nu=0.45$ とした²⁾。ベローズとゴム間および床版壁面(ウェブプレート)間には接触要素を用いて、剥離を考慮している。ゴム体の上端下端では、 x (橋軸)方向 y (橋軸直角)方向それぞれ異なる境界条件を与えている。この条件で、鋼製ベローズの左端を完全固定し、右端に拘束変位を与えて解析する。解析モデルは、ベローズ 1 体モデルで解析を行っている。複数のベローズを用いたモデルとの比較により、1 体のモデルの精度を確認している。

図-3 は橋軸方向の圧縮側に 20mm 変位させたときのひずみ分布で、最大から最小までを色別に表示したものである。ゴム体については、床版との継手部付近や、内側の中心部に大きなひずみが集中していることがわかる。

キーワード 制震機能, 道路橋伸縮継手, 鋼製ベローズ, 力学特性, 温度伸縮

連絡先 〒572-0074 大阪府寝屋川市池田中町 17-8 工学部 TEL 072-839-9116

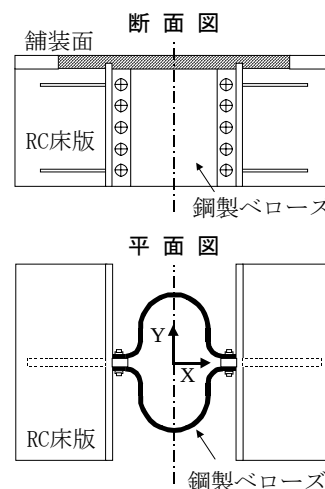


図-1 伸縮継手の設置例

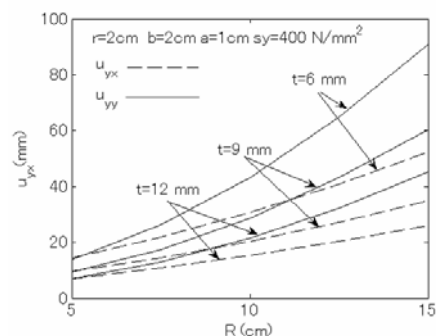


図-2 降伏変位 U_y と半径 R の関係

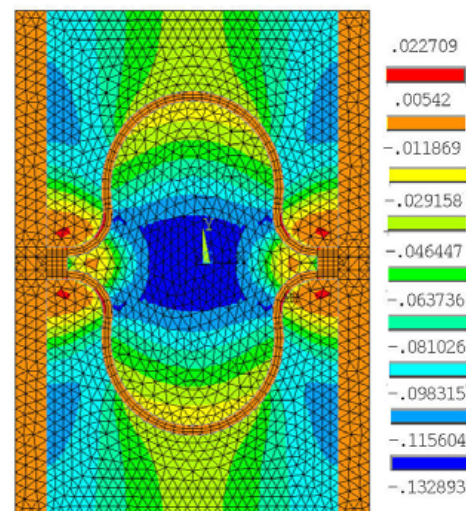


図-3 ひずみ分布(圧縮側 20mm)

圧縮側では、変位に伴いゴム体はベローズや床版により、変形を拘束され剛性の増加が期待できる。

図-4 は、図-3 のベローズ部分に着目したひずみ分布を示す。ベローズ内部に発生するひずみは、小円部と継手部の付近に、最大ひずみ・最小ひずみが発生している。円筒部中央にも比較的大きなひずみが発生している。引張方向についても同様に、小円部と継手部の付近にかけて最大最小ひずみが生じている。

図-5 は x (橋軸)方向と y (橋軸直角)方向について、ベローズ単体とゴム体を充填した場合の荷重変位履歴特性を比較したものである。荷重は、床版厚さを 250mm とし、同じベローズ高さ 0.25m の 2 枚一組分に換算している。橋軸方向の変位は、(+)が引張で(-)が圧縮を示す。

橋軸方向の圧縮側の荷重および橋軸直角方向の荷重が、ベローズ単体に比べるとかなり大きくなっている。ゴム体を充填することで、橋軸方向の圧縮変形と橋軸直角方向の両方の変形を抑制する効果があり、地震時の応答を制御できるといえる。橋軸方向と橋軸直角方向ともに剛性が大きくなり、特に圧縮側ではかなり大きくなった。これは、ベローズ構造と床版によりゴム体の体積変化が拘束され剛性が増加したと考えられる。

ベローズ間隙にゴム体を充填すると、変形を抑制する効果がある一方、温度伸縮時や地震時に変形がベローズで吸収されずにコンクリート床版や、床版との継手部の強度が問題となる可能性がある。そこで、ゴム体に円筒状の空隙を設けることが考えられる。空隙の大きさを変えることで、圧縮剛性の大きさも自由にかえることができる。また、ゴムの種類(ヤング係数)を変えることで同様の効果が得られる。

図-6 は橋軸方向について、ゴム体を充填し空隙($\phi 60\text{mm}$)を設けた場合と空隙をもうけない場合の荷重変位履歴関係を比較したものである。橋軸方向および橋軸直角方向とも、空隙を設けることにより、剛性はかなり小さくなり、特に橋軸方向の圧縮剛性の低下は顕著である。円筒空隙の直径を変化させることにより、剛性の調整が可能である。

5. あとがき

鋼製ベローズを道路橋床版の伸縮継手として用いる場合の基本的な力学特性を検討した。間隙にゴムを充填すれば、橋軸方向のベローズの圧縮剛性を大きくできることを示した。ゴム体部分に空隙を設け、その形状やゴム材料を工夫することにより、剛性を調整でき制震機能付床版伸縮装置として有効と考えられる。

参考文献

- 1) 頭井 洋：エネルギー吸収型桁連結装置としての鋼製ベローズの常時および地震時の力学特性，JSSC 鋼構造論文集，Vol.14, No.34, pp.105-120, 2007.6
- 2) 坂田 年・並河泰一郎：ウレタンエラストマー多硫化ゴム，合成ゴム加工技術全書 10，大成社，pp.75-76, 1979.10

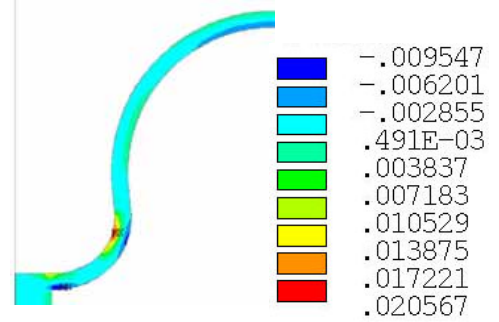


図-4 ひずみ分布(圧縮 20mm)

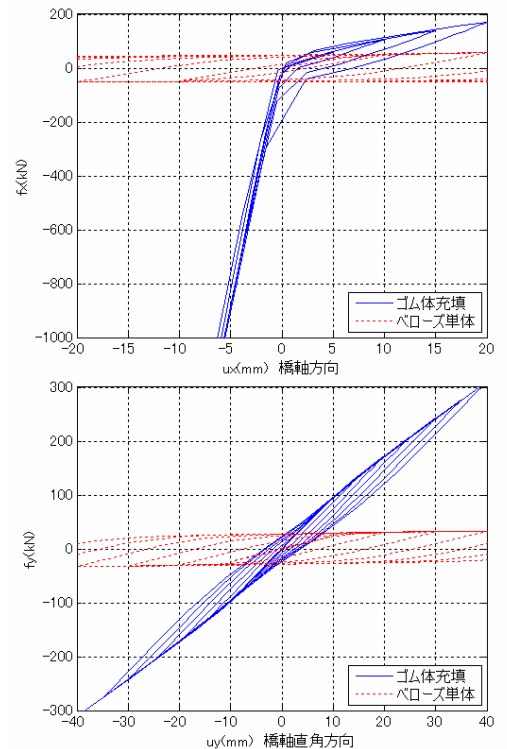


図-5 荷重変位履歴特性

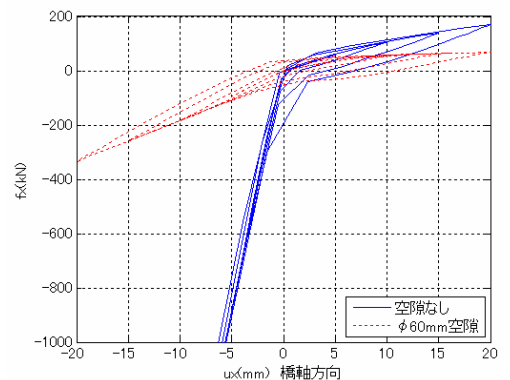


図-6 荷重変位履歴特性