

橋桁用制震装置（鋼製ベローズ）の活荷重による疲労強度に関する検討

摂南大学 正会員 頭井 洋

摂南大学 学生会員 ○大喜田 好美

サイバネットシステム 平坂 昭人

摂南大学 正会員 田中 賢太郎

1. はじめに

著者らは、主桁端と橋台間や、桁同士の衝突を回避し、橋台や橋脚に生じる地震力を低減させる制震デバイスとして鋼製ベローズの研究を行ってきた。これまでの研究により、ベローズの制震機能に着目しベローズの荷重変位履歴特性や制震効果を明らかにしてきた。主桁端に設置されるベローズは、活荷重により繰り返し応力が生じることから、疲労損傷を生じないことを確認する必要がある。

本研究では、交通荷重によりベローズに生じる応力を3次元 FEM 静的解析より求め、疲労損傷の可能性を検討する。ベローズの剛性や取付け位置はベローズに生じる応力に及ぼす影響が大きいと考えられるので、それらをパラメータにして桁全体の静的解析を行う。

2. 計算モデル

支間長 40m、幅員 10m、主桁間隔 2.6m、総重量は 4000kN の 4 本主桁を有する RC 床版鋼合成単純桁を対象とする。図 1 に示すように、橋台と桁端部腹板間にベローズを設置する。支承はゴム支承とした。交通荷重として、端部に設置するベローズに最も大きな応力を生じるよう、道示の L 活荷重を載荷する。支間中央での対称性を利用し、主桁 1 本モデルを用いる。RC 床版厚は 0.3m とし、上フランジ幅 440mm 板厚 22mm、腹板高さ 2000mm 板厚 17mm、下フランジ幅 440mm 板厚 22mm の主桁寸法とした。床版と主桁をはり要素に置き換え、両者を剛体要素で結合し端部にベローズの橋軸方向、鉛直方向（せん断）および面内回転の三つのバネと支承バネを取り付けたはりモデルにより、ベローズのばね位置（ベローズ主桁腹板接合部のベローズ高さ中央）の変位（橋軸方向、鉛直方向および回転角の 3 成分）を求め、左端を完全固定した一組のベローズ単体 3 次元シェル要素モデルの右端高さ中央位置にこれらの変

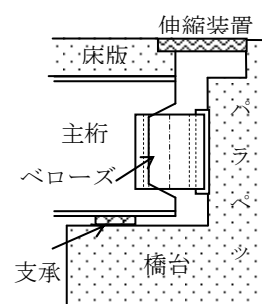
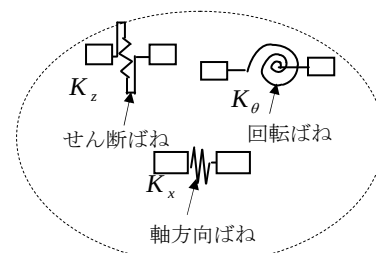
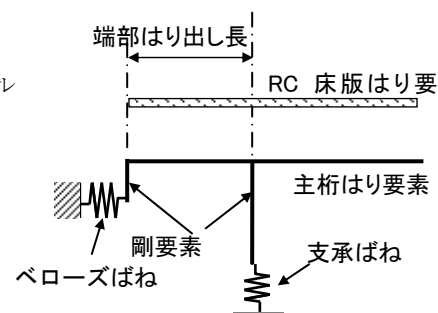


図1 桁端部ベローズ

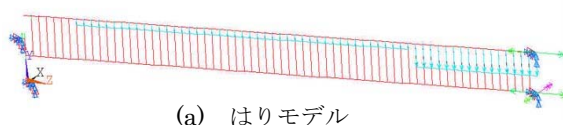


(a) ベローズばね詳細

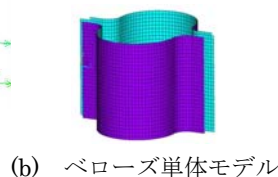


(b) 桁端部のモデル

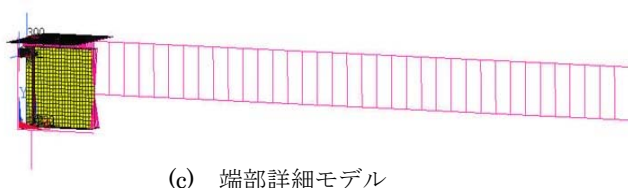
図2 はりモデル左端ばね



(a) はりモデル



(b) ベローズ単体モデル



(c) 端部詳細モデル

図3 FEM 解析モデル

キーワード 桁制震装置, 鋼製ベローズ, 活荷重, 疲労強度

連絡先 〒572-8508 大阪府寝屋川市池田中町 17-8 Tel 072-839-9119

位を強制変位として与えた(図2)。ベローズのばねの三つのばね剛性は、文献1)に示した方法で設計式より計算した。さらに、左端支点の2m部分のみ、主桁および床版も3次元シェル要素でモデル化した端部詳細モデルによる解析も行った。図3にこれらのモデルを示す。ベローズの降伏変位と降伏強度はつぎのようにして決めた。日本各地における1日の気温変化全振幅は10~15℃以内がほとんどなので、常時の桁の温度伸縮に伴い鋼製ベローズに疲労損傷が生じないように、10~15℃の桁の温度伸縮量以上になるようベローズの設計降伏変位を決める。温度伸縮長20mでは、ベローズの設計降伏変位を2.5mm以上にすればよい。レベル2地震動に対し十分な制震効果を得るには、ベローズ降伏強度の合計と上部構造総重量との比は0.2~0.5程度にする必要がある。主桁本数を4としているので、ベローズを桁両端に設置する場合、それぞれの主桁片側に必要なベローズの降伏強度は100~250kNになる。これらの条件を満足するよう、普通鋼材を用い、円筒部半径90mm、板厚16mm、ベローズ高さ200mmのベローズ寸法とした(ベローズ設計降伏変位3.3mm、設計降伏強度148kN)。ベローズの取付け位置は、主桁と床版との合成断面の中立軸とした場合と中立軸より下方0.8mとした場合とを考えた。

3. 計算結果と考察

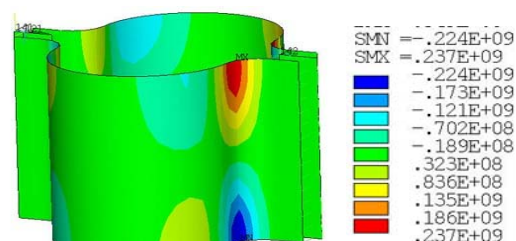
支間中央の鉛直たわみは、はりモデルおよび端部詳細モデルのいずれも33mm(支間長の1210分の1)であった。図4にベローズの取付け位置を主桁と床版との合成断面の中立軸とした場合の結果を示す。端部詳細モデルの結果はベローズのみ取りだして描いている。はりモデルで得られた変位をベローズ単体モデルに強制変位として与えた結果は、端部詳細モデルに比べやや大きい値が得られているものの、応力分布形状および応力値ともにほぼ対応している。ベローズの取付け位置を中立軸より下方0.8mとした場合の同様の結果を図5に示す。この場合も、応力分布形状および応力値ともに両者でほぼ対応している。したがって、より計算の簡単な、ベローズの剛性をばねで表したはりモデルによりベローズのばね位置の変位を求め、ベローズ単体モデルに強制変位として与える計算法も利用可能と考えられる。

ベローズに生じる最大応力は、計算対象を単純桁としては長い40mとし、ベローズに最も大きな応力を生じる道示のL活荷重を載荷した結果ではあるが、ほぼ弾性範囲内にあるものの、JSSC 疲労設計指針で規定される設計S-N曲線の疲労強度等級AあるいはBの100万回疲労強度の値になっている。最大のL活荷重が耐用年間に100万回繰り返し可能性は高くはないものの、疲労強度上問題はないとはいえない応力レベルになっている。ベローズの取付け位置や剛性を変化させて、さらに検討していく予定である。

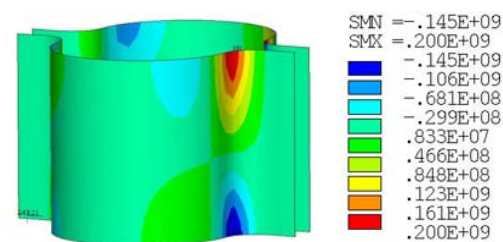
謝辞: 本研究は平成23年度科学研究費補助金・基盤研究(C)(研究代表者: 頭井洋), 課題番号: 23560580)の助成を受けた。ここに記して謝意を表します。

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.54, pp.105-120, 2007.6

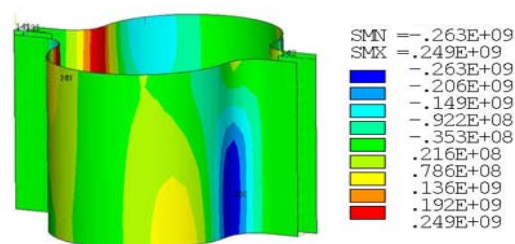


(a) ベローズ単体

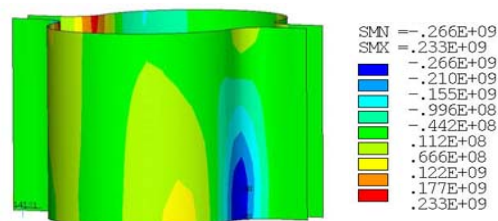


(b) 端部詳細モデル

図4 ベローズ中立軸設置の応力コンター図



(a) ベローズ単体



(b) 端部詳細モデル

図5 ベローズ中立軸下方0.8m設置の応力コンター図