

橋軸直角方向へのずれ変形を考慮したベローズ型ダンパーの解析的検討

摂南大学 正会員 田中賢太郎
 京都大学大学院 正会員 松村 政秀

高田機工株式会社 正会員 頭井 洋
 株式会社川金コアテック 正会員 佐合 大
 正会員 姫野岳彦

1. はじめに

L2地震動に対する耐震補強策として桁端部あるいは桁間に設置するエネルギー吸収型の制震装置（ベローズ型ダンパー¹⁾）の開発を進めている。両端橋台位置で橋軸直角方向は固定した連続桁の橋軸方向用に限定して、累積塑性変形倍率を用いた疲労損傷照査法を提案している。固定支承の直角方向変位を拘束するサイドブロックには、数ミリのクリアランスが存在する。そのため、直角方向にわずかではあるがずれ変形が生じる可能性がある。そこで、本研究では、橋軸直角方向のずれ変形がベローズ型ダンパーの橋軸方向の性能に与える影響について、最大ひずみや、荷重-変位関係に着目して有限要素法解析を用いて検討する。

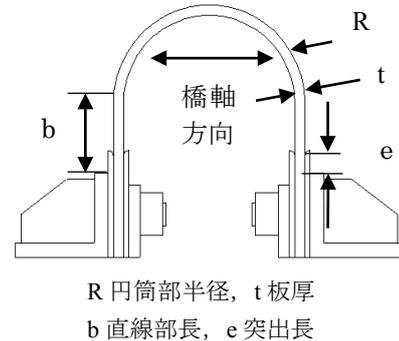


図-1 ベローズ型ダンパーの形状

2. ベローズ型ダンパーの概要¹⁾

図-1にベローズ型ダンパー（片側）の形状と R ：円筒部半径， b ：直線部の長さ， t ：板厚などの各寸法の記号を示す。板厚 $t = 10 \sim 30\text{mm}$ 程度の鋼板をU字型に曲げ加工し、直線部に治具を取り付け2枚1組にして桁端部へ接合する。直線部のひずみを低減させるため、取り付け治具には突出長 e を設けてインナープレートおよびアウタープレートを設置する構造となっている。円筒部半径 80mm ，直線部長さ 100mm ，ベローズ板厚 16mm ，突出長 21mm ，インナー・アウタープレート板厚 9mm （ベローズ本体の板厚の約半分）の諸元を用いた。曲げ半径と板厚との比 $R/t = 5$ は板曲げ加工が可能な最小比である。

3. FEM解析の概要

FEM解析では、ベローズ型ダンパー（片側）を、有限要素法解析ソフトANSYSを用い2次元平面ひずみを仮定し、四角形4節点平面ひずみ要素を用いてモデル化する。ベローズ型ダンパー本体の板厚方向に10分割、インナープレートおよびアウタープレートについては4分割した。材料特性は、鋼種SN490Cの引張試験の結果より降伏点 $\sigma_y = 360\text{N/mm}^2$ を、インナー・アウタープレートには、 383N/mm^2 の降伏強度を用いた。 $E/100$ の2次勾配を有するバイリニア移動硬化型特性を仮定した。

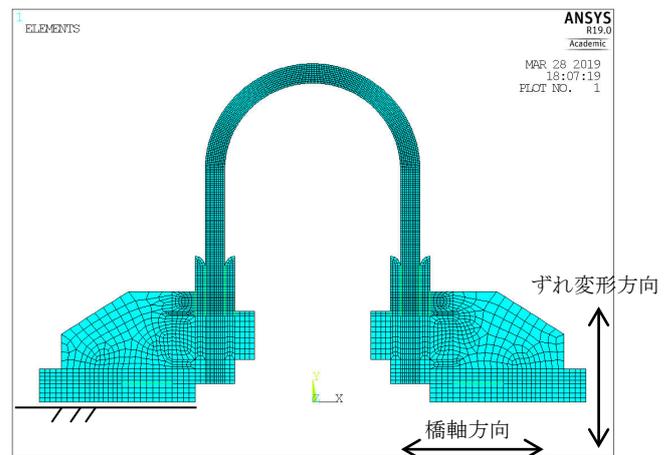


図-2 ベローズ型ダンパーの解析モデル

モデル下部は、ボルト接合によって拘束されているので、2重節点でカップリング要素による剛結とした。インナープレートおよびアウタープレートとベローズ本体間には接触要素を用いている。表-1に、計算ケースを示す。変位量 7.2mm は温度変化による桁の伸縮の影響を、変位量 50mm は強地震時の変位をそれぞれ想定した。解析ケース1および2は、橋軸直角方向へのずれ変形がない場合とし、ケース3は、ずれ変形のみが生じた場合、解析ケース4および5は橋軸直角方向へ生じたずれ変形が生じている状態に、強地震が発生した場合を想定している。また、ケース6および7は、橋軸方向と橋軸直角方向へのずれ変形とが同時に生じた場合としている。ひずみ振幅の算出は、引張側変形時に生じたひずみと圧縮側変形時に生じたひずみとを足し合わせた値とした。

キーワード ベローズ型ダンパー，FEM解析，ずれ変形，疲労強度

連絡先 〒572-8508 大阪府寝屋川市池田中町17-8 摂南大学理工学部都市環境工学科

表-1 ベローズ型ダンパーの解析モデル

解析ケース	橋軸方向変位	橋軸直角方向変位
1	±7.2 mm	0 mm
2	±50 mm	0 mm
3	0 mm	+5 mm
4	±7.2 mm	+5 mm
5	±50 mm	+5 mm
6	±7.2 mm	±5 mm
7	±50 mm	±5 mm

4. FEM 解析の結果

代表として、解析ケース 1, 2, 4, 5 を比較する. 図-3 には、解析ケース 1 および 4 の荷重-変位関係を示す. 小さい変位の範囲 (1δ_y程度) では、橋軸直角方向へのずれ変形により橋軸方向の降伏荷重が少し減少する. 一方、図-4 に示す大変形時の場合、履歴ループ特性に差は見られず、最大・最小の時の荷重についても違いは生じていないことがわかる.

つぎに、発生ひずみについて調べる. 代表として、解析ケース 2, 5 とを比較する. 図-5 および図-6 には解析ケース 2 および 5 の圧縮側大変形時のひずみコンター図を示している. 大変形時は、大円部 (R) の部分で最大発生ひずみを示しており、ひずみ値はケース 2 では-0.0409、ケース 5 では-0.041 となりほとんど変わらないことがわかる. ひずみ振幅で比較しても、ケース 2 では-0.0766、ケース 5 では-0.0722 となり、ひずみ振幅においても同様であった. 文献[1]に示しているように、±50mmの疲労試験において、破断箇所は大円部であったので、疲労強度はあまり変わらないと考えられる. したがって、ずれ変形が発生しても橋軸方向の疲労強度に与える影響は小さいと考えられる.

5. まとめ

固定支承では、橋軸直角方向に数ミリのクリアランスが存在する. そこで、本研究では、橋軸直角方向へ生じたずれ変形が生じている状態に、強地震が発生した場合の、ベローズ型ダンパーの橋軸方向の性能に与える影響について、有限要素法解析を用いて調べた. ずれ変形が加わることで、直線部 b のひずみが上昇するが、疲労強度は大円部のほうで決定となるので、あまり疲労強度は変わらない. したがって、ずれ変形が発生しても橋軸方向の疲労強度が落ちないことが考えられる. 紙面の関係で、地震時の変位が大きい場合を中心にのべたが、変位が小さい場合については講演当日述べる.

参考文献

1) 頭井 洋・田中 賢太郎・松村 政秀・佐合 大・姫野 岳彦:地震動に対するベローズダンパーの疲労損傷評価, 鋼構造論文集, Vol.26, No.101, pp.43-56, 2019.3.

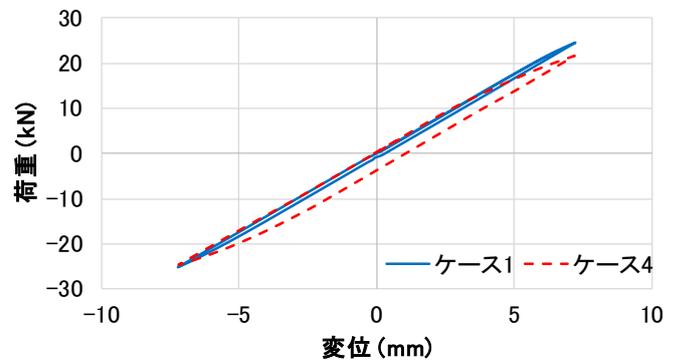


図-3 荷重-変位関係 (ケース 1, 4)

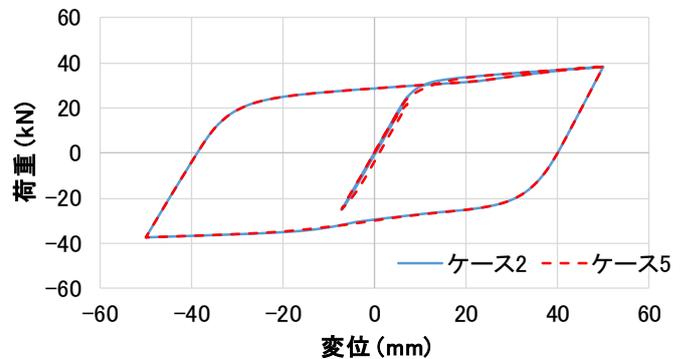


図-4 荷重-変位関係 (ケース 2, 5)

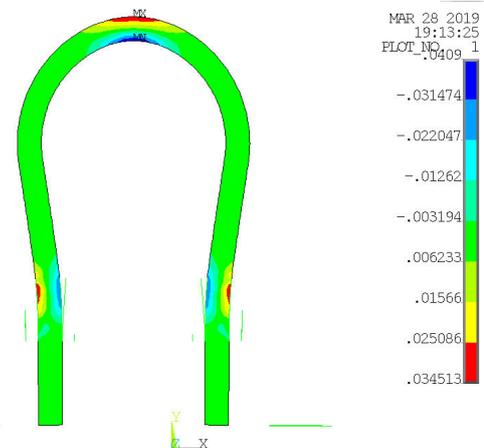


図-5 ひずみコンター図 (ケース 2 引張変形)

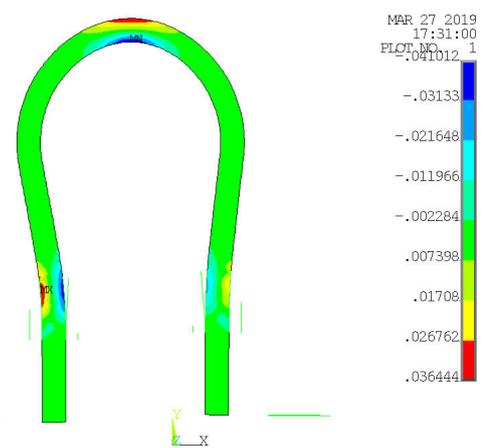


図-6 ひずみコンター図 (ケース 5 引張変形)