

ゲルバーヒンジ支承の腐食による支承挙動の変化と周辺部材の応力性状に関する解析的研究

大阪市立大学大学院 学生員 ○平岡 葵

大阪公立大学大学院 正会員 林 巖
大阪公立大学大学院 正会員 山口 隆司

1. 研究背景および目的

ゲルバー橋は、連続桁橋に中間ヒンジを設けることでスパン長を伸ばす橋梁である。一方で、この構造では、上部に設置されている伸縮継手からの漏水によるヒンジ支承の腐食や、その周辺部材の疲労き裂の発生が多く報告されている。

本研究では、ヒンジ支承部を詳細にモデル化し、ヒンジ支承の腐食がその挙動および周辺部材の主応力性状に及ぼす影響について、FE 解析により検討する。

2. 解析手法

対象橋梁は図-1 に示す、吊桁長 16.0m、定着桁長 40.8m、竣工 1959 年の 7 径間ゲルバー非合成鋼鉄 4 主桁橋である。本橋は、左右対称であることから支間中央部に対称条件を与え、1/2 モデルを作成した。本研究では、ヒンジ支承の腐食が中間ヒンジ部の局部応答に与える影響に着目することとし、1 主桁のみをモデル化する。また、ヒンジ支承周辺の応力性状についても検討するため、ヒンジ支承は 8 節点ソリッド要素、ヒンジ周辺のウェブ、フランジは 4 節点低減積分シェル要素、ヒンジ部以外の桁ははり要素によりモデル化する。ヒンジ部とはり要素の結合条件は、多点拘束により剛体結合とする。また杓とフランジは、フランジ厚さをオフセットし完全結合とした。要素サイズは、支承部材では 5mm×5mm、詳細部の桁部材では 30mm×30mm、はり要素では 100mm とする。作成したモデルを図-2、使用した材料特性を表-1 に示す。解析には汎用有限要素解析コード Abaqus/CAE2022 を使用し、弾性解析を行った。ここで、ヒンジ支承は図-2(c)に示す BP-A 支承とする。BP-A 支承は、ベアリングプレート (BP) を有し、上沓-BP 間、BP-下沓間の接触面のすべり運動で水平変形と回転機能を担う構造である。解析モデルでは、それぞれの接触面に対してクーロン摩擦による接触条件を付与し、支承のすべり挙動を再現する。各接触面の摩擦係数は、文献 1)を参考に、健全時を想定した 0.05 (Case-0.05)、腐食状態を想定した 0.4 (Case-0.4) とする。ま

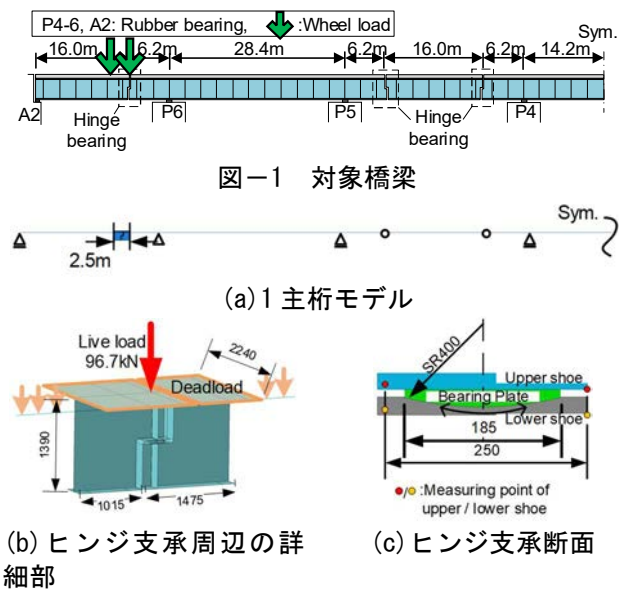


図-2 支承のモデリング

表-1 材料特性

Member	Elastic moduli [GPa]	Poisson ratio
Slab (RC)	30 GPa	0.2
Girder members, Upper and lower shoe (hinge)	200 GPa	0.3
Bearing plate (hinge)	100 GPa	0.3

た、完全に固着した場合(Case-Fixed)を想定し、節点共有したケースも検討する。荷重条件は、載荷車が 2 車線道路の片側中央を走行していると仮定した際の 4 主桁に分配される荷重を、事前解析により算出し、集中荷重 (96.7kN) でヒンジ部直上に載荷する。また境界条件は、回転・移動支承とする。

3. 解析結果

支承の挙動である回転角、相対変位を図-3, 4 に示す。これより、腐食したケースにおいても、回転角、相対変位ともに荷重に対して線形に増加していることがわかる。文献 1)にて検討した、腐食した BP-A 支承の桁端部での挙動は、ヒンジ支承の場合と異なり非線形であり、水平方向の移動が拘束されるため、健全時と逆方向に回転した。ヒンジ構造の場合、荷重によって桁全体

が鉛直下向きに変位するため、腐食が回転性能に及ぼす影響が小さいと考えられる。また、図-5に示す支承断面の変形図より、Case-0.05ではBP下沓間の曲面接触面におけるすべりによりヒンジ部の回転を担っているのに対し、Case-0.4では接触面における摩擦係数が大きいためすべりが発生せず、支承が定着桁側の接触面端部を中心として回転することがわかる。また、Case-Fixedでは、支承の弾性変形により、接触面端部を中心とした回転挙動をしていることがわかる。これは、図-6に示す接触面の接触状態からも確認でき、Case-0.05ではすべりが生じているのに対して、Case-0.4では接触面の定着桁側の端部のみ接触しているのに加え、固着状態となっていることがわかる。

次に、96kN時のヒンジ部周辺の主応力分布を図-7、8に示す。図-7(a)より、ヒンジ支承下沓側(定着桁側)の切り欠き部フランジ上面の最大主応力は、ウェブとフランジ交差部の切り欠きの曲面で約70N/mm²であることがわかる。これは、ケース間の違いが小さく、切り欠きの形状により応力集中が発生しており、ヒンジ支承の腐食の影響は小さいと考えられる。図-7(b)に示すウェブの最大主応力においても、フランジと同様にケース間の違いは小さいことがわかる。また、主応力方向に着目すると、フランジの切り欠き部では橋軸に対して斜め45度方向であることがわかる。

一方、図-8より、切り欠き部のフランジ、ウェブの最小主応力は下沓端部の定着桁側端付近に大きく発生しており、その値はCase-0.05では約20 N/mm²であるが、Case-0.4では約70 N/mm²、Case-Fixedでは100 N/mm²と健全時の約5倍の応力であった。これは、上述の通り腐食が生じると支承は接触面端部を中心に回転するためと考えられる。また、その主応力方向は、橋軸方向であり支承端部とフランジ間の溶接ビード部から橋直方向に発生する疲労き裂の要因となり得ると考えられる。

4. まとめ

ヒンジ支承は腐食の発生によりすべりが生じず、支承接触面端部を中心とした回転挙動を示すことがわかった。また、切り欠き部に発生する引張応力は、その形状に依存しており、ヒンジ支承の腐食による影響は小さいと考えられる。一方、ヒンジ支承腐食時の周辺部材に発生する圧縮応力は、支承端部において健全時の約5倍となり、その腐食による影響が大きいことがわかった。

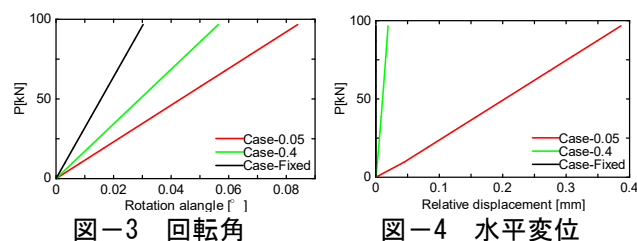


図-3 回転角

図-4 水平変位

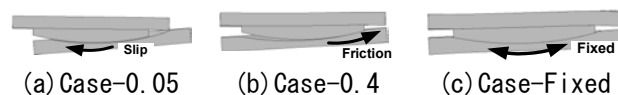


図-5 ヒンジ支承断面変形図

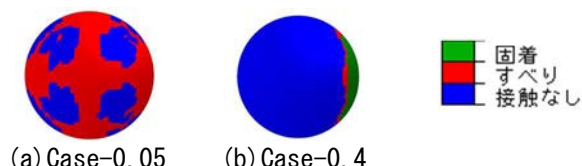


図-6 ヒンジ支承接触面の接触状態

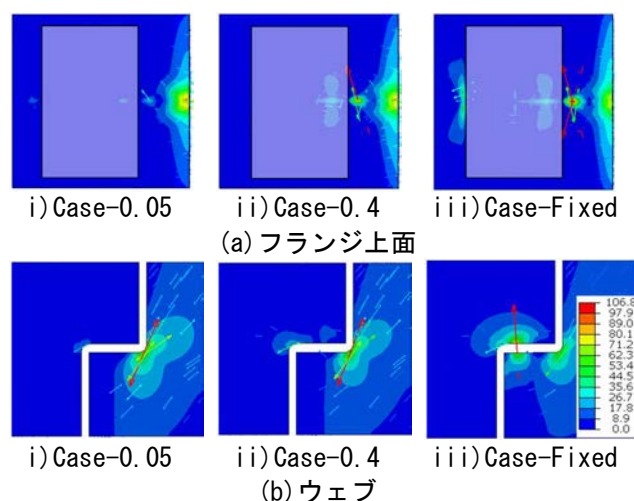


図-7 最大主応力分布 (単位: MPa)

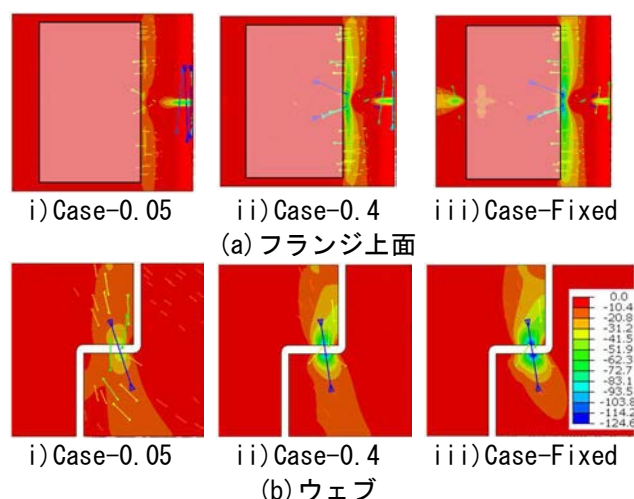


図-8 最小主応力分布 (単位: MPa)

<参考文献>

- 1) 平岡葵, 林徹, 山口隆司: BP-A 支承の腐食度の違いが水平・回転変形追従性能および下フランジに発生する水平力に及ぼす影響, 構造工学論文集, Vol. 69A, 2023. (採択済)
- 2) 舘石和雄, 名取暢, 三木千寿: プレートガーダー支承部の疲労損傷とそのディテール改良に関する研究, 土木学会論文集, Vol. 1994, No. 489, pp. 167-176, 1994.
- 3) 日本鋼構造協会: 鋼構造物の疲労設計指針同解説, 技報堂出版, 2009.