

腐食したゲルバーヒンジ部の局部応答に関する基礎的研究

大阪市立大学大学院 学生員 ○平岡 葵

大阪市立大学大学院 正会員

林 厳

大阪市立大学大学院 正会員

山口 隆司

1. はじめに

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ことが可能な橋梁である。一方で、中間ヒンジ部（以下、ヒンジ部）は、上部に設置されている伸縮継手からの漏水により腐食が発生する¹⁾。これより、ゲルバー橋においてヒンジ部は構造上の弱点となるが、その腐食が橋梁に与える影響の検討は行われていない。そこで本研究では、ヒンジ部を詳細にモデル化したFEMモデルを構築し、ヒンジ部の性状変化が局部応答に及ぼす影響について検討する。

2. 解析モデル

対象橋梁は図-1に示す、吊桁長16.0m、定着桁長40.8m（6.2m+28.4m+6.2m）、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、ヒンジ部の腐食が局部応答に与える影響に着目することから、1主桁のみをモデル化する。また、ヒンジ部周辺の応力の変化について検討するため、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。弾性係数は、200GPaとする。解析には汎用有限要素解析コードAbaqus/CAE2020を使用し、弾性解析を行った。

図-2(b)-(d)に示すヒンジ部は、対象橋梁のヒンジ部の図面の入手ができなかったため、同形式のそれを入手し、対象橋梁の桁に導入した。ヒンジ部は、図-2(d)に示すような上沓と下沓の接触面で回転する構造である。このような支承構造では、健全時は回転に対する抵抗は小さいことが推察出来るが、同様の構造である回転支承では腐食が生じると回転抵抗が大きくなり、最終的には剛結状態となる²⁾。これを再現するため、支承の上沓と下沓に接触条件を付与して、その摩擦係数を変化させることとした。腐食は、健全時を摩擦係数0.01、腐食の進行を摩擦係数0.5、完全固着を上沓と下沓の節点共有で表す。

荷重条件は、載荷車が2車線道路の片側中央を走行し

キーワード ゲルバー橋、ゲルバーヒンジ、腐食、局部応答

連絡先 〒558-8585 大阪市住吉区杉本 3-3-138 大阪市立大学大学院 工学研究科 都市系専攻 TEL&FAX 06-6605-2765

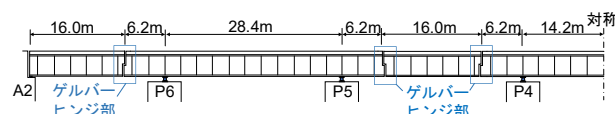


図-1 橋梁一般図

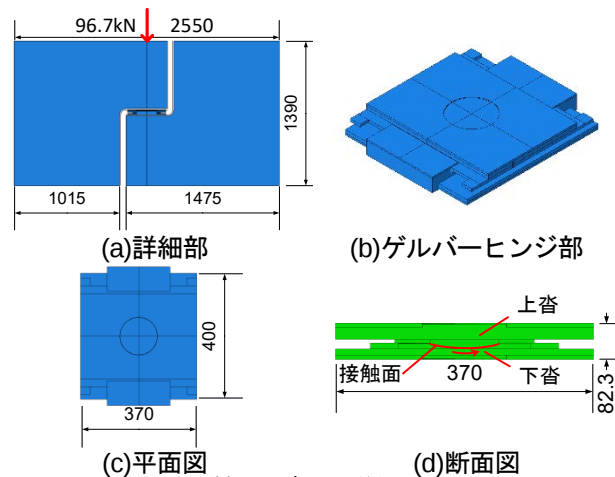


図-2 詳細モデル (単位: mm)

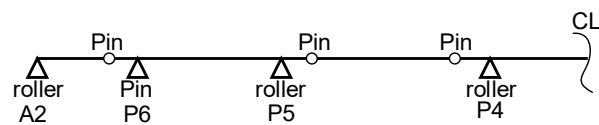


図-3 はりモデル

ていると仮定したときの4主桁に分配される荷重を、事前解析を実施し、集中荷重（96.7kN）でヒンジ部直上に載荷する。また支持条件は、実橋梁ではゴム支承であるが、本研究ではまずヒンジ部のみの応答に着目するため、簡易的に回転・移動支承とする。

解析モデルは、ヒンジ部を詳細にモデル化したケース（Detail-fric0.01, Detail-fric0.5, Detail-fixed）と、図-3に示すはり要素のみでモデル化したケース（Beam-pin）とする。はりモデルでは、全ヒンジを橋直水平方向のみ回転自由でモデル化した。

3. 解析結果および考察

A2 橋台から 2m ごとに載荷位置を変えた場合のヒンジ部の変位を図-4、桁全体のモーメント図を図-5、ヒンジ部周辺における最小、最大主応力分布を比較したものを図-6、図-7、摩擦係数ごとの回転角を比較したものを表-1に示す。ここで、回転角は、ヒンジ上下沓の橋軸方向最縁端 2 点間の傾きの足し合わせにより算出した。

Detail-fric0.01 と、Beam-pin のヒンジ部の変位を比較する。なお、詳細モデルの鉛直変位はヒンジ中央点直下のウェブ最下点である。図-4 より、詳細モデル（12.9mm）とはりモデル（13.7mm）の変位の差は約 6% となった。

詳細モデルにおいて腐食を模擬した場合の応答の変化について検討する。図-4 より、腐食レベルが上がるほど、変位は小さくなる。その差は、Detail-fric0.01 と Detail-fric0.5 では約 1.1% であり、Detail-fric0.01 と Detail-fixed では約 2.6% となるため、ヒンジ部の性状が変化しても変位の変動は小さい。また、図-5 より、腐食を模擬した場合のモーメント図は、支承部では約 2% 程度の差であり、変位の差と比較すると同程度となっている。

腐食レベルによるヒンジ部の回転角は、表-1 より、健全時と剛結時では約 0.02° 変化した。

ヒンジ周辺ウェブにおける応力分布に着目する。図-6 より、腐食レベルが上がると、ヒンジ部近傍の溶接ビード部に高い最小主応力が発生し、その範囲も大きくなっている。これは、腐食レベルが上がるほどヒンジの回転が拘束され、腐食端部を中心に回転することでより大きな圧縮力が発生するためである。溶接ビード部には残留引張応力が存在することから、高い圧縮応力が作用することで疲労き裂発生の可能性がある。一方、切欠き部に発生する最大主応力（図-7）は、腐食レベルの変化による影響は見られない。これより、本解析モデルでは、切欠き部におけるき裂発生に対する腐食の影響は小さいことが判断できる。これより、腐食によりヒンジ部近傍の溶接ビード部にて疲労き裂の発生の可能性があるが、切欠き部ではその可能性は低いことが分かった。

以上より、腐食による回転抵抗の変化は、曲げモーメントや鉛直変位のような橋梁全体の応答に及ぼす影響は小さいが、局所的な応答であるヒンジ部の回転角やヒンジ部周辺の最小主応力分布に変化が見られ、ヒンジ部近傍の溶接ビード部におけるき裂の発生に影響を及ぼす。

4. 今後の予定

今後は、溶接ビード部の残留応力による影響の考慮を始め、疲労き裂発生との関係についてさらに検討する予定である。

<参考文献>

- 1) 道路構造物ジャーナル NET:愛知県 日名橋 ゲルバー部を連続化して耐震補強(URL:<https://www.kozobutsu-hozen-journal.net/walks/detail.php?id=65>)(2021/3/30 閲覧)
- 2) 西尾真由子, 人見淳:橋梁支承の腐食劣化過程を対象としたモデルパラメータ事後分布逐次推定に関する基礎研究,土木学会論文集 A2(応用力学),Vol.71,No.2(応用力学論文集 Vol.18),I_99-I_108,2015.

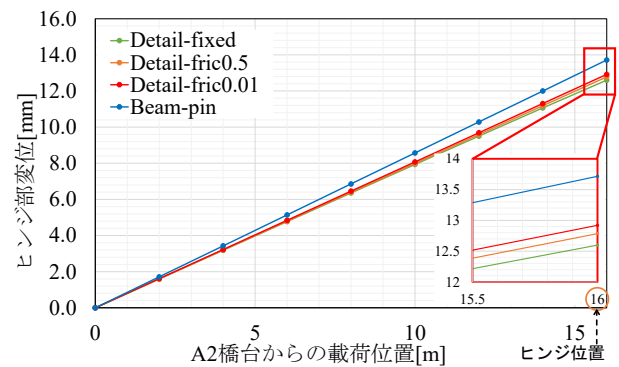


図-4 ヒンジ部変位

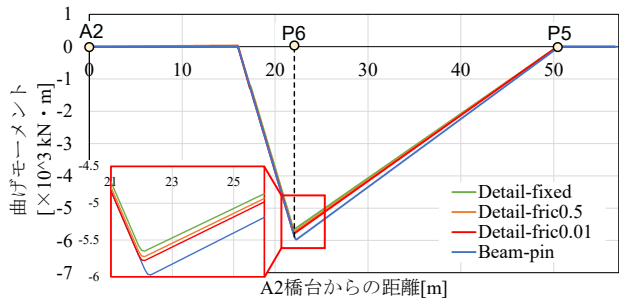


図-5 モーメント図

表-1 摩擦係数と回転角

摩擦係数	回転角[°]
0.01	0.19
0.50	0.18
剛結	0.17

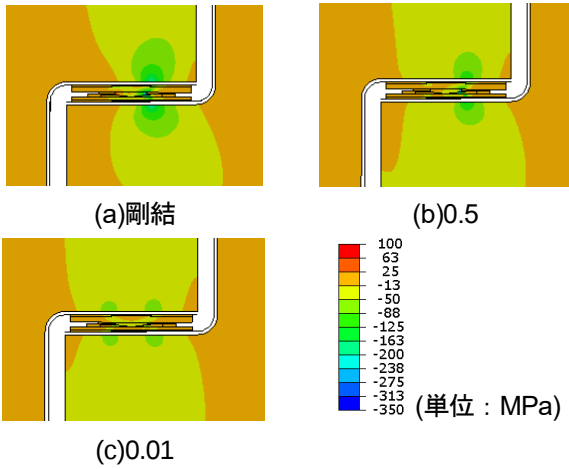


図-6 ヒンジ部ウェブにおける最小主応力コンター

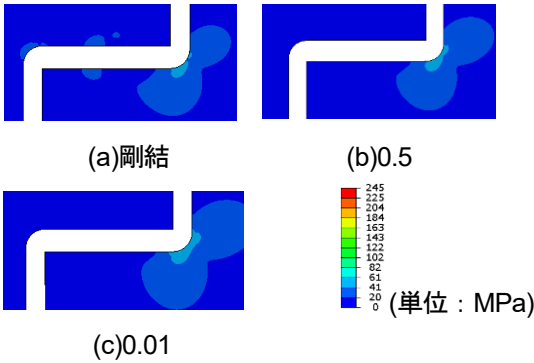


図-7 ウェブ切欠き部における最大主応力コンター