軸応力とせん断ひずみの変化に伴うゴム支承の局部応力状態評価

| 九州大学大学院 | 学生会員 | ○成 | 炫禹 | ゴム支承協会 | 正会員 | 原 | 暢彦 |
|---------|------|----|----|---------|-----|----|----|
| ゴム支承協会 | 正会員 | 今井 | 隆 | ゴム支承協会 | 正会員 | 植田 | 健介 |
| | | | | 九州大学大学院 | 正会員 | 崔 | 準祜 |

1. はじめに

1995 年兵庫県南部地震以後,橋梁構造物における地震時 慣性力を分散させることを目的とし,鋼製支承の代わりに粘 性が高いゴム材料を使用したゴム支承が広く採用されるよ うになった.しかし,2016年に発生した熊本地震では複数の 曲線橋においてゴム支承が破損する被害が発生しており,ゴ ム支承の地震時挙動および限界状態についてはまだ不明な 点が多いと考えられる.筆者らは,軸応力が変化するゴム支 承の力学的特性を把握することを目的とし,過去に軸応力を パラメータとしたゴム支承のせん断特性確認実験を実施し ており,軸応力の変化に伴うゴム支承の荷重-変位履歴等の 変化について調査している¹⁾.本研究では,3次元 FE 解析に より過去の実験の再現性を確認するとともに,軸応力の変化 に伴うゴム支承の局部応力の変化について検討を行った.

2. ゴム支承の諸元および解析モデル

過去の実験に用いたゴム支承の構造図を図-1 に示す.JIS の標準試験体に合わせ、平面寸法を 400mm×400mm とし、 一層のゴム厚を 18mm として 3 層の構造とした.

解析モデルを図-2に示す.解析ソフトは ADINA (Ver.9.2.5) を用い、ゴム、内部鋼板、上下鋼板をソリッド要素でモデル 化した.ゴムの要素分割については、安定した解が得られる ように Z 軸方向(鉛直方向)に対しても多く分割した.ゴム 材料については、超弾性モデルとして広く用いられている Ogden モデルを採用し、粘弾性効果を考慮した.材料定数に ついては、既往の実験等により求められている公開データ²⁾ を参考にして設定した.このような条件で作成したモデルを 用い、過去に実施した実験結果の再現性を確認した.

図-3 は, 圧縮 6MPa と引張 2MPa の軸応力を載荷した状態 でせん断ひずみ 250%を繰り返して載荷した際の荷重-変位 履歴を実験と解析で比較したものである. 解析で用いたゴム 材料の材料定数は実験で用いたゴム材料の材料定数と異な る可能性があるため, 履歴形状においてハードニング特性に 関しては再現できていないが, 最大荷重および履歴吸収エネ



ルギーに関しては粘弾性効果を考慮する際に必要な係数を調整し、実験結果を再現できるようにした.

キーワード 積層ゴム支承,引張せん断, FE 解析,局部応力 連絡先 〒819-0395 福岡県福岡市西区元岡744番地 TEL092-802-3374

3. FE 解析によるゴム支承の局部応力状態評価

本解析検討で対象とした実験ケースは,軸応力として圧縮 方向に 6MPa,引張方向に 2MPa を載荷した状況でせん断ひ ずみを 175%,250%,300%を繰り返し載荷したものである. 各ケースの静水圧応力を確認して応力状態を評価した.

図-4は、軸応力を圧縮 6MPa、せん断ひずみを 175%、250%、 300%に載荷した場合のゴム支承中央部における XZ 平面の 静水圧応力分布を示したものである.図-4から、せん断ひず みを 175%載荷した場合には、圧縮応力が作用する領域が支 承中央部を中心にして広範囲で広がっているが、せん断ひず みが大きくなるにつれて圧縮応力を受ける領域が徐々に減 っていくことが確認された.せん断ひずみを 300%載荷した 場合には、圧縮応力を受ける領域が半分程度まで減り、せん 断ひずみを厳しく受ける左右の端部には引張応力を受ける ところも現れ、せん断ひずみの変化によってゴム支承の内部 応力が大きく変化していくことがわかった.

図-5は、軸応力を引張2MPa、せん断ひずみを175%、250%、 300%に載荷した場合の静水圧応力分布を示したものであ る. せん断ひずみ 175%を載荷した場合には、圧縮応力載荷 時と同様に支承中央部を中心に引張応力を受ける領域が広 がっているが、せん断を受けることでゴム部材がさらに引張 を受けることになり、せん断ひずみが大きくなるにつれて支 承中央部の引張応力がより上昇していく傾向を示した. しか し、せん断ひずみの増大に伴い、引張応力の分布も変化して おり、ゴム内部で最大引張応力が発生する領域はせん断変形 方向の反対の対角方向に分布することがわかった. このこと より、ゴム支承が引張応力下においてせん断を受ける場合に は、ゴムの上下層の端部で引張応力を厳しく受けることが考 えられる. 実験においてもゴム層間でゴムの伸びが不均等に 大きく内部鋼板がそれに沿って変形していたが、破断には至 らず荷重解放後の外観に異常は無かった(写真-1).

4. まとめ

本解析検討より, せん断ひずみの変化によってゴム支承 の内部応力が大きく変化していくことがわかった. 特に軸 応力として引張応力を受ける場合には, せん断ひずみが大



(c) せん断ひずみ 300%

(単位:N/mm²,符号:+圧縮,一引張)図-5 静水圧応力の比較(軸応力引張 2MPa)



写真-1 軸応力引張 2MPa, せん断ひずみ 300%を 載荷した後のゴム支承の変形様子

きくなるにつれて引張応力が増大し、上下層の端部において引張応力を厳しく受けることが考えられる. 謝辞:本研究は JSPS 科研費 15K18107 の助成を受けたものです.また、本解析検討を遂行するにあたり、

(株)構造計画研究所の秦氏より多大な助言を頂きました.ここに感謝の意を表します.

参考文献

- 1) 崔準祜, 原暢彦, 今井隆, 植田健介, 成炫禹: 軸応力をパラメータとした積層ゴム支承のせん断特性確 認実験, 第36回土木学会地震工学研究発表会, CD-ROM Paper No.947, 2016
- 2) 特定非営利活動法人・非線形 CAE 協会ホームページ: http://www.jancae.org/