

ゴム支承の終局状態を考慮した道路橋の耐震評価に関する研究

熊本大学大学院 学生会員 ○西村 健
 熊本大学大学院 正会員 松田 泰治
 九州大学大学院 正会員 崔 準ホ

(一社) 日本支承協会 正会員 鶴野 禎史
 (一社) 日本支承協会 正会員 朝倉 康信
 (一社) 日本支承協会 正会員 小南 雄一郎

1. はじめに

平成 23 年 3 月 11 日に東北地方太平洋沖地震が発生し、多くの構造物に多大な被害を与えた。この巨大地震により、仙台東部道路の一部で仙台東 I.C.～仙台港北に架設されている東部高架橋において、ゴム支承の破断が確認された。このような現象の解明にはゴム支承のハードニング現象や破断を考慮した解析が重要と考えられる。

本研究では、3 次元の橋梁モデルに対して、ゴム支承にバイリニア、トリリニアモデルを用いゴム支承が破断すると仮定し解析を行うことで、道路橋の耐震性の検討を行った。

2. 解析概要

2.1 解析モデル

橋軸直角方向ストッパー有り水平力分散型ゴム支承を用いた鋼 3 径間連続非合成鈹桁橋（橋長 135m、RC 単柱橋脚）を検討対象橋梁とした。そして、解析モデルは鋼 3 径間連続非合成鈹桁橋を 3 次元モデル化した骨組み解析モデルを設定した。図-1 に解析モデルを示す。

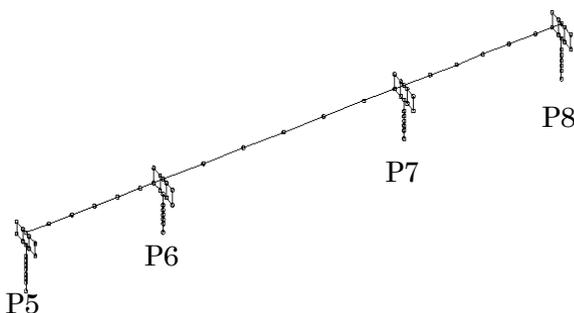


図-1 解析モデル（3次元）

2.2 積層ゴム支承の設定

対象橋梁の支承は、橋軸直角方向固定用のストッパーを有する水平力分散型ゴム支承としており、橋軸方向に対してのみゴム支承の等価剛性を与えることとした。ゴム支承は各橋脚 P5～P8 に 4 基（G1～G4 支承）設置しており、支承部間隔（主桁間隔）は 2.7m、個々の支承部に対しバネ要素でモデル化を行った。橋脚の

支承部のモデル化のイメージを図-2 に示す。また、各橋脚におけるゴム支承の高さおよび橋軸方向に対するバネ定数を表-1、ゴム支承の拘束条件を表-2 に示す。

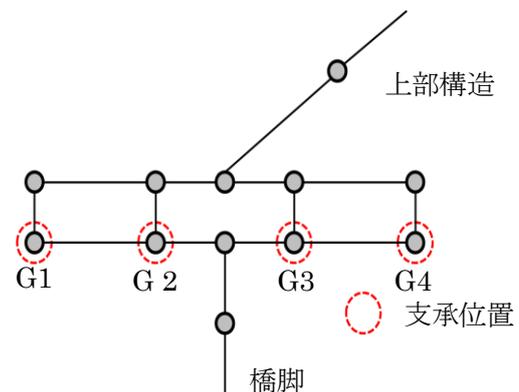


図-2 橋脚の支承部のモデル化のイメージ

表-1 ギュム支承の高さおよびバネ定数

	P5	P6	P7	P8
支承高(mm)	120	112	112	120
バネ定数(kN/m)	3500	6750	6750	3500

表-2 ギュム支承の高さおよびバネ定数

橋軸	直角	鉛直	橋軸 回り	直角 回り	鉛直軸 回り
表-1	拘束	拘束	拘束	自由	自由

またゴム支承には、ゴム材料のひずみ硬化により徐々に水平剛性が増加するハードニング現象が発生し、ゴム支承の性能試験結果より剛性が初期剛性の 3 倍にまで達することがある。このゴムのハードニング現象を考慮するため、ゴム支承のモデルをバイリニアモデル、トリリニアモデルのようなモデル化を行った。

図-3 はバイリニアモデルのゴム支承の履歴特性（抵抗力-変位関係）を示す。積層ゴム支承の応答変位 0.24m（せん断ひずみ 200%）以内では剛性は初期剛性 K_B 、またハードニング現象により変位 0.24m（せん断ひずみ 200%）以上では剛性は $3K_B$ となる。

同様に、図-4 はトリリニアモデルのゴム支承の履歴特性（抵抗力-変位関係）を示す。積層ゴム支承の応答変位 0.12m（せん断ひずみ 100%）以内では剛性は初期剛性 K_B 、またハードニング現象により変位 0.12m

～0.24m(せん断ひずみ 100%～200%)では剛性は $2K_B$ 、0.24m(せん断ひずみ 200%)以上では剛性は $3K_B$ となる。

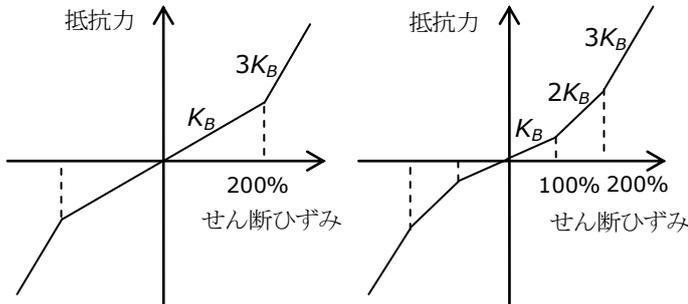


図-3 ゴム支承の履歴特性 (バイリニアモデル) 図-4 ゴム支承の履歴特性 (トリリニアモデル)

2.3 解析結果と考察

入力地震波としては、道路橋示方書の標準波より TYPEI-II-1 地震動、TYPEII-II-1 地震動、そして平成 23 年 3 月 11 日東北地方太平洋沖地震発生時に観測された仙台地方観測波(観測地点 MYG013NS)を用いた。図-5は、最も応答変位が大きかった P8 橋脚 G3 支承の解析結果である。支承部の応答変位が最も大きくなったのは、バイリニアモデルの TYPEII-II-1 地震動入力時の応答変位 0.322m でありせん断ひずみ約 250%に相当する。

ゴム支承のせん断変形性能試験結果より、せん断ひずみ 300%近くでゴム支承の破断が確認されている。TYPEII-II-1 地震動、仙台地方観測波のバイリニアモデルの応答変位はゴム支承のせん断ひずみ 250%近くあり破断する可能性がある。

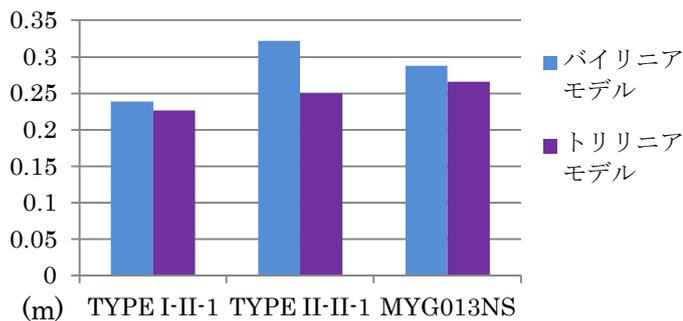


図-5 ゴム支承の最大応答変位

3. 積層ゴム支承の破断モデルの作成

上述の解析結果より、ゴム支承の破断の危険性が確認された。解析の際にはゴム支承の破断を考慮し、耐震性の検討を行うことが大切であると考えられる。そこで、ゴム支承のバイリニア、トリリニアモデルに破断要素を加えたモデルの作成を行う。両モデルは応答変位 0.3m(せん断ひずみ 250%)を超えると破断する

よう設定する。

バイリニアモデルに破断要素を加えたゴム支承の履歴特性(抵抗力-変位関係)を図-6に示す。積層ゴム支承の応答変位 0.24m(せん断ひずみ 200%)以内では剛性は初期剛性 K_B 、またハードニング現象により変位 0.24m～3m(せん断ひずみ 200%～250%)では剛性は $3K_B$ となる。そして変位が 0.3m(せん断ひずみ 250%)を超えると積層ゴム支承は破断し、その後抵抗力が 0 となるようにモデル化を行う。

同様に、トリリニアモデルに破断要素を加えたゴム支承の履歴特性(抵抗力-変位関係)を図-7に示す。積層ゴム支承の応答変位 0.12m(せん断ひずみ 100%)以内では剛性は初期剛性 K_B 、またハードニング現象により変位 0.12m～0.24m(せん断ひずみ 100%～200%)では剛性は $2K_B$ 、0.24m～0.3m(せん断ひずみ 200%～250%)では剛性は $3K_B$ となる。そして応答変位が 0.3m(せん断ひずみ 250%)を超えると積層ゴム支承は破断し、その後抵抗力が 0 となるようにモデル化を行う。

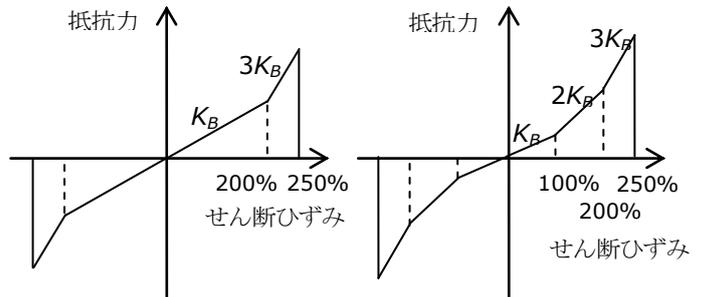


図-6 ゴム支承の履歴特性 (バイリニアモデル) 図-7 ゴム支承の履歴特性 (トリリニアモデル)

4. おわりに

本研究ではゴム支承のハードニング現象や破断を考慮することで、ゴム支承の終局状態が橋梁の耐震性に与える影響を検討する。終局状態の考慮の有無により、作用するゴム支承の反力の大きさなどが異なるため、終局状態を考慮することの重要であるとかんがえられる。

本研究は(一社)日本支承協会からの委託により(一社)九州橋梁・構造工学研究会の橋梁支承の改善と補強に関する研究分科会(主査:九州大学 大塚久哲)において検討した成果の一部である。

参考文献

- 1) 土木学会、構造工学委員会調査団(仙台東部道路)報告書、平成 23 年 4 月 1 日