

橋梁のゴム支承の性能低下に対する変位拘束ケーブル適用対策の効果

京都大学大学院 学生会員○栗野 翔太
 京都大学防災研究所 正会員 五十嵐 晃

1. はじめに

近年、橋梁用ゴム支承に経年劣化による損傷が確認されている。損傷に伴う性能低下には「ゴムの硬化」、「減衰性能の低下」、「破断時ひずみの低下」などが挙げられるが、これらは大地震時に、上・下部工の損傷やゴム支承の破断、最悪の場合落橋等の大事故につながる可能性があり、対策が必要である。

本研究では、ゴム支承の性能低下に対する新たな対策方法の提案を目的として、「塑性化を許容する変位拘束ケーブル」による対策を検討する。想定外地震動を含む大地震時における耐震性能向上を目的とした場合の、ケーブルの対策効果を漸増動的解析(IDA)により評価した結果を述べる。



図1. 劣化ゴム支承¹⁾(左)とケーブル(右)

2. 期待される適用効果

ケーブルは引張に対して抵抗し、桁の応答変位を抑制する。本研究において、ケーブルに期待する効果は以下の2点である。

- ① レベルⅡ地震動時に、ゴム支承の破断を抑制し応答を低減する。
- ② さらに規模の大きな「想定外」地震動時に、ゴム支承の破断を抑制し、かつ仮に破断が生じても残存するケーブルが桁の過大变位を抑制する。

ケーブルの塑性化を許容することで必要なケーブル長と本数を短縮できるため、比較的スケールの小さな橋梁にも適用可能で、またケーブルの反力による橋脚への負担を低減できる。

3. 変位拘束ケーブルの特性とモデル化

変位拘束ケーブルとして想定したPC鋼より線(7本より線, 外径12.4mm)の応力-ひずみ関係を引張試験データ²⁾に基づいてモデル化し、別途破断点を設定してペンタリニアモデルとした。

地震時の繰返し変位に対してケーブルは引張時のみ復元力を有するものとし、また、引張時に降伏点を越えたひずみ領域ではケーブルの塑性ひずみが残留ひずみとして蓄積し、除荷時に初期剛性でゼロに戻る、スリップ型の履歴法則を仮定した。

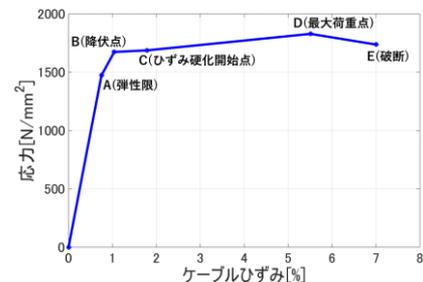


図2. ケーブルの応力-ひずみ関係

4. ゴム支承の性能低下とモデル化

ゴム支承の復元力モデルにはハードニングを考慮したトリリニアモデルを用い、破断発生後には一切復元力を持たないモデルとした。文献³⁾を参考に剛性や破断時ひずみ等を設定し、前述の性能低下を表現した。図3はレベルⅡ地震動入力時の履歴ループの一例であり、劣化支承ではループが細くなり、応答が増大していることが確認できる。

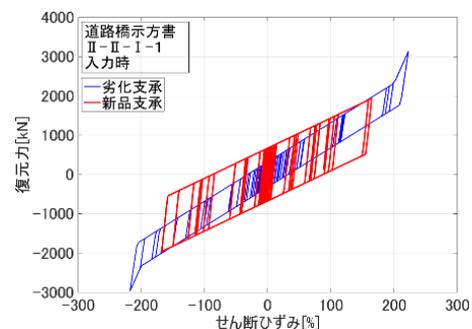


図3. 履歴ループ

キーワード 劣化ゴム支承, 変位拘束ケーブル, 漸増動的解析, 想定外地震動

連絡先 〒611-0011 宇治市五ヶ庄 京都大学防災研究所 都市耐水研究領域 TEL 0774-38-4137

5. 解析条件

図4に示すような劣化支承を用いた5径間連続桁橋への適用を考え、橋脚と桁を結ぶ形で各径間に同じ長さ・数のケーブルを設置することを想定した。なお、初期状態でのプレストレスは考慮していない。

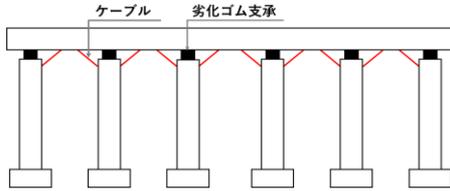


図4. ケーブルを適用した連続桁橋

単純のため、橋脚天端と上部構造の橋軸方向変位を2つの自由度とする2質点系でモデル化し、IDAによる非線形時刻歴応答解析を行った。

入力地震動は、道路橋示方書のレベルIIタイプII-I種地盤条件(II-II-I)の波形3波とII-II-Iに加速度応答スペクトルを適合した波形40波を合わせた計43波とした。

IDAでは入力地震動のPGAを漸増させ、数値積分法にはNewmarkのβ法(β=1/4)を適用し、積分時間刻みは0.005secとした。

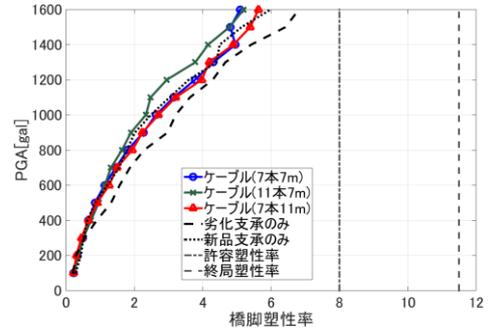
6. 解析結果

図5に平均IDA曲線を示す。橋脚塑性率、ゴム支承せん断ひずみとともに、各PGAで「劣化支承のみ」のケースで応答が最大となる傾向が見られ、レベルII地震動時(PGA800gal程度)、さらにPGAの大きなレベルIIを超過する地震時の両方において応答低減効果が表れている。これは、ケーブルの変位拘束によりゴム支承の破断が抑制され、減衰性能が保たれるためであると考えられる。また、ケーブルの剛性による橋梁の短周期化の影響は小さかった。

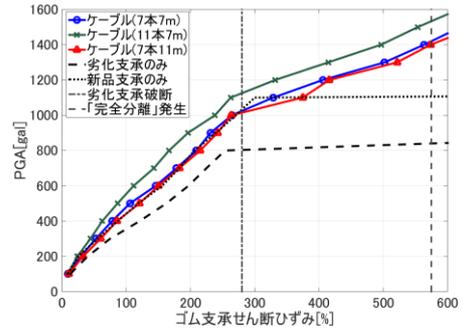
図6にゴム支承のフラジリティカーブを示す。「完全分離」は、ゴム支承破断後に橋脚側と桁側のゴムが互いに接触しなくなり、桁に落差が生じる状態を表す。ケーブルの変位拘束によりゴム支承のフラジリティが低減され、特にレベルIIを超過する地震時には、ゴム支承破断後も残存するケーブルが桁の過大变位を大きく抑制していることが確認できる。

謝辞

入力地震動にはK-NET, KiK-netによる強震観測データを活用させて頂きました。

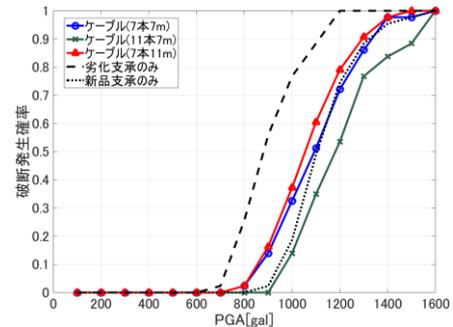


a) 橋脚塑性率

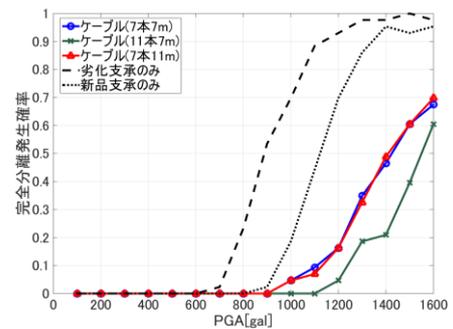


b) ゴム支承せん断ひずみ

図5. 平均IDA曲線



a) 「破断」発生確率



b) 「完全分離」発生確率

図6. フラジリティカーブ(ゴム支承)

参考文献

- 1) 党紀, 東出知大, 五十嵐晃, 足立幸郎, 林訓裕: ゴム支承(LRB)の経年劣化が橋梁構造の耐震性能に及ぼす影響に関する解析的研究, 土木学会論文集 A1, Vol.71, No.4, I_713-724, 2015
- 2) 日本建築学会構造委員会: コンクリート構造(PC, PRC)部材の靱性設計手法と耐震架構への応用, 1997