

ゴム支承の性能低下に対する変位拘束ケーブルの対策効果—漸増動的解析による評価  
Effectiveness of Displacement Constraint Cables against Performance Degradation  
of Rubber Bearings - Assessment by Incremental Dynamic Analysis

○栗野 翔太・五十嵐 晃

○Shota KURINO, Akira IGARASHI

These days, damage due to aging is broadly identified in rubber bearings for bridges. Performance degradation of them may decrease the seismic performance of the whole bridges in a big earthquake, so some measures are needed. As usual measures for the problem, to exchange the aged bearings with new ones, or to install some damping devices are adopted. However, the problem is that such measures are usually expensive or difficult. Then, we suggested using displacement constraint cables as a new method. In this paper, we analyzed the effectiveness of installing cables to an existing bridge with aged rubber bearings by Incremental Dynamic Analysis. As a result, we identified that they decrease damage of the piers and restrain break of the rubber bearings in a big earthquake.

### 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」、「破断ひずみの低下」などが挙げられるが、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し「塑性化を許容する変位拘束ケーブル」による対策を考える。想定外地震を含む大地震時における耐震性能確保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により評価した結果を述べる。



図1. 劣化ゴム支承<sup>1)</sup>(左)とケーブルの例<sup>2)</sup>(右)

### 2. 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、破断発生後に一切抵抗しないものとした。文献<sup>1)</sup>を参考に剛性や破断ひずみの値を設定し、前述の性能低下を表

した。履歴ループには図2のような違いが表れる。

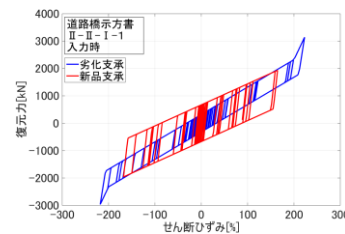


図2. 履歴ループ

### 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<sup>3)</sup>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、ケーブルは引張時にのみ復元力を有するものとし、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。

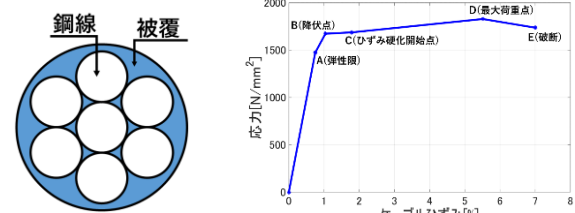


図3. 断面の概念図(左)と応力-ひずみ関係(右)

#### 4. 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、各径間には同じ長さ・数のケーブルを設置することを想定した。

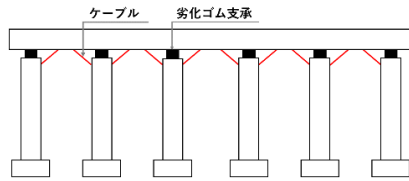


図4. ケーブルを適用した5径間連続桁橋

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（以下、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25波の計28波とした。K-NETの記録のうちマグニチュード6以上の地震イベントにおける波形を選定し、スペクトル適合を行った。

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

#### 5. 解析結果

図5に平均IDA曲線を示す。各PGAで「劣化支承のみ」のケースで概ね最大応答を示している。ケーブル付加による応答低減効果が確認でき、ケーブルの剛性による橋梁の短周期化の影響は小さいと考えられる。レベル2地震時（PGA: 800gal程度）に橋脚の損傷とゴム支承の破断を抑制でき、さらに大きな地震（以下、「想定外地震」）時にはその効果がよく表れることが確認できる。

図6に、ゴム支承の fragility curve を示す。ケーブルの変位拘束効果により「劣化支承のみ」のケースより fragility が減少する傾向が見られる。ただし、ゴム支承の破断後の過大变位により、桁側と橋脚側のゴムが接触しなくなる状態を「完全分離」と表現している。同図より、想定外地震動時にゴム支承の破断が発生する場合にも、残存するケーブルがゴムの「完全分離」の発生を抑制する効果を持つことが確認できる。

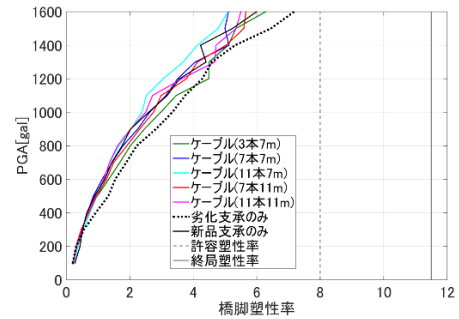
#### 参考文献

1) 党紀, 東出知大, 五十嵐晃, 足立幸郎, 林訓裕:

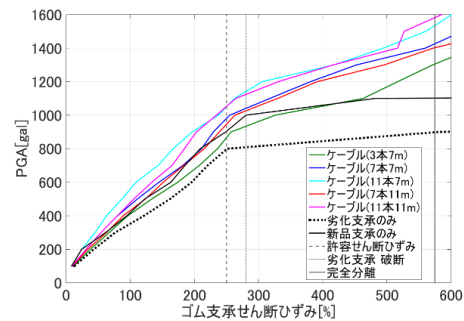
ゴム支承 (LRB) の経年劣化が橋梁構造の耐震性能に及ぼす影響に関する解析的研究, 土木学会論文集 A1, Vol.71, No.4, I\_713-I\_724, 2015

2) 昭和コンクリート工業株式会社「補強工法」(2017年1月20日), [ [http://www.showacon.co.jp/cms/site/technology/rf\\_number01.html](http://www.showacon.co.jp/cms/site/technology/rf_number01.html) ]

3) 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

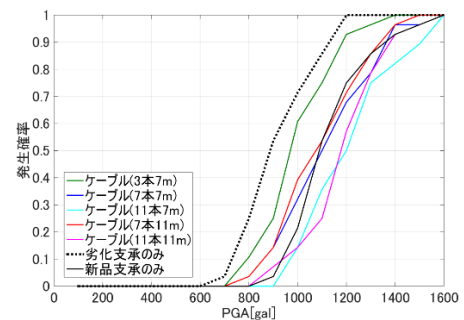


a) 橋脚塑性率

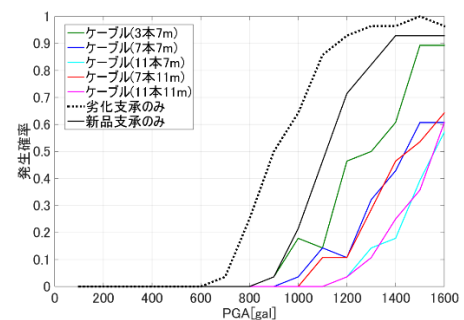


b) ゴム支承せん断ひずみ

図5. 平均 IDA 曲線



a) ゴムの「破断」発生確率



b) ゴムの「完全分離」発生確率

図6. フラジリティカーブ (ゴム支承)