

鉛プラグ入り積層ゴム支承の損傷メカニズム検証

阪神高速道路(株)	正会員	林 訓裕	阪神高速道路(株)	正会員	足立 幸郎
京都大学防災研究所	正会員	五十嵐 晃	埼玉大学大学院	正会員	党 紀
オイレス工業(株)	正会員	東出 知大			

1. はじめに

長期間供用中のゴム支承の経年劣化が課題となっているが、劣化による支承性能への影響は明確になっていない。そのような中、劣化損傷した鉛プラグ入り積層ゴム支承(LRB)の残存性能確認試験において減衰性能が低下しているという結果が得られている¹⁾。本稿ではLRBの劣化損傷のメカニズム検討を目的として、供用下のLRBをモデル化し、挙動解析によるせん断変形時の内部応力状態を把握するとともに、鉛の損傷発生メカニズムを検証した。

2. 供用中および実験後の損傷状況

文献1)におけるLRBの状況について、供用中の損傷状況を写真-1に、載荷試験後に鉛プラグ位置にて切断したものを写真-2に示す。この支承は実橋において17年間供用した後に取出したものであるが、鉛プラグの変形によるものと推定される側面のふくれが供用後約10年で発生しており、その3年後には写真-1に示すような鉛の突出が確認されている。また、写真-2は文献1)における常時試験後の支承の橋軸方向断面を見たものであるが、鉛プラグが破断していると同時に支承側面への飛び出しも確認される。この要因は次のように推定される。



写真-1 供用中における損傷状況(外面)

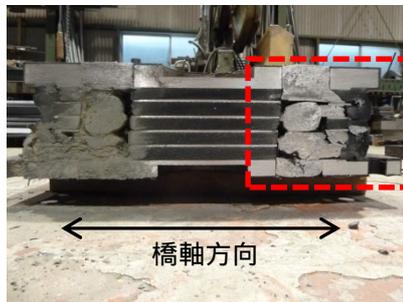


写真-2 載荷試験後の損傷状況(内部)

- ゴム層が厚いと鉛プラグの拘束力が弱くなり、支承のせん断変形時に鉛プラグは回転による引張を受け、それにより破断する
- 繰り返しせん断変形により拘束圧の弱い支承縁端側へ鉛が押し出された

3. 解析モデル及び手順

前述の損傷は桁の温度伸縮に伴う変形(最大70%ひずみ、以下「温度変形」と呼ぶ。)のみで発生していることから、温度変形によるLRBの挙動解析を行うことにより、各部材に発生する応力状態を把握するとともに損傷メカニズムを検証する。

解析にはABAQUS(Ver.6.12)を用い、図-1のようなモデルを構築した。材料の物性値

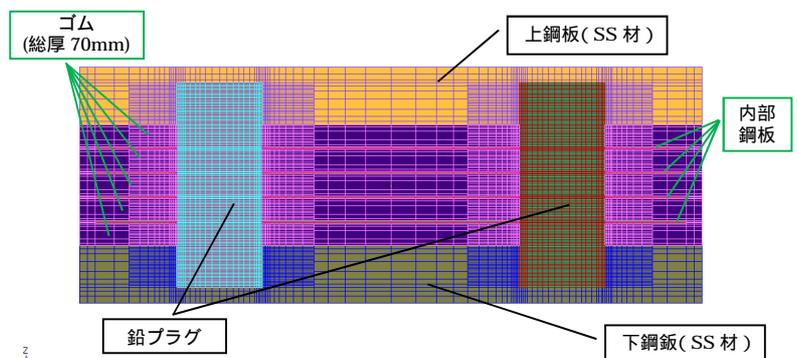


図-1 LRB 解析モデル

キーワード LRB, 経年劣化, 損傷メカニズム, 塑性ひずみ

連絡先 〒552-0006 大阪市港区石田3-1-25 阪神高速道路(株)大阪管理部 TEL 06-6576-3881

については、弾性域における鋼板及び鉛は表-1 に示す物性値を用いた²⁾。塑性域において、鋼板は JIS に規定される SS 材の真応力 - 真ひずみ関係とした。鉛では図-2 に示すように、ひずみ速度 0.01%/s の引張試験結果を用い、最大応力までを線形とし、それ以降の 3 次勾配は解析の収束性のため 2 次勾配の 1/10 と設定した。ゴムは超弾性材料とし、文献 1) の実験結果を基に Ogden モデルを用いて設定した。

モデルに死荷重相当の面圧を与え、温度変形として橋軸方向(図-2のx方向)にゴム厚の70%(49mm)を負荷した。接触条件は、ゴムとすべての鋼板間を固着とし、鉛プラグとゴム及び鋼板間は接触としてモデル化した(鉛プラグ下面も接触とした)。なお、接触部の摩擦係数は 0.8 とした。

4. 解析結果及び考察

本解析条件では、1 往復目の復路-49mm(以下、「3/4 往復目」と呼ぶ。)の次ステップにて発散し終了した。従って、本解析結果は 3/4 往復目負荷までの結果について述べる。なお、ひずみは破断に寄与する引張側について考察する。

図-3 に各橋軸方向変位負荷における鉛プラグの塑性ひずみコンタ図を示す。3/4 往復目の鉛の変形において、内部鋼板と接触している部分に大きな塑性変形が発生していることが確認できた。鉛の塑性ひずみはせん断方向だけではなく、荷重方向及び鉛直方向にも発生していることから、純せん断ではなく引張・圧縮場も生じていることが分かる。なお、引張方向である鉛の塑性ひずみの最大値は内部鋼板エッジと接触している要素において約 0.67 となっている。このことより、鉛は鋼板エッジとの接触位置において早いサイクルでき裂が発生する可能性があると考えられる。温度変形の繰り返しごとに同一位置に引張場が生じることとなれば、き裂が進展し破断へ至ることが想定される。

解析は 3/4 往復目で終了しているため、現時点での損傷メカニズムは想定の域を出ないが、モデル改良を行うなどして、今後も検証を進める。

参考文献

- 1) 林, 足立, 甲元, 八ツ元, 五十嵐, 党, 東出: 鉛プラグ入り積層ゴム支承(LRB)の経年劣化による残存性能に関する実験的検証, 第33回地震工学研究発表会, 3-445, 2013.
- 2) 松田, Borst: 免震・制振デバイスに用いられる鉛材料を対象とした熱力学的な有限要素解析, 電力中央研究所報告, N04040, 2006.

表-1 鋼板及び鉛の物性値(弾性域)

名称	ヤング率(MPa)	ポアソン比
鋼板	2.058E+05	0.3
鉛	1.600E+04	0.41

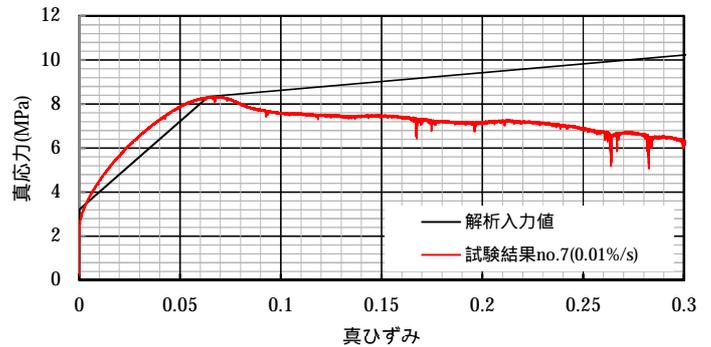


図-2 鉛の真応力 - 真ひずみ線図

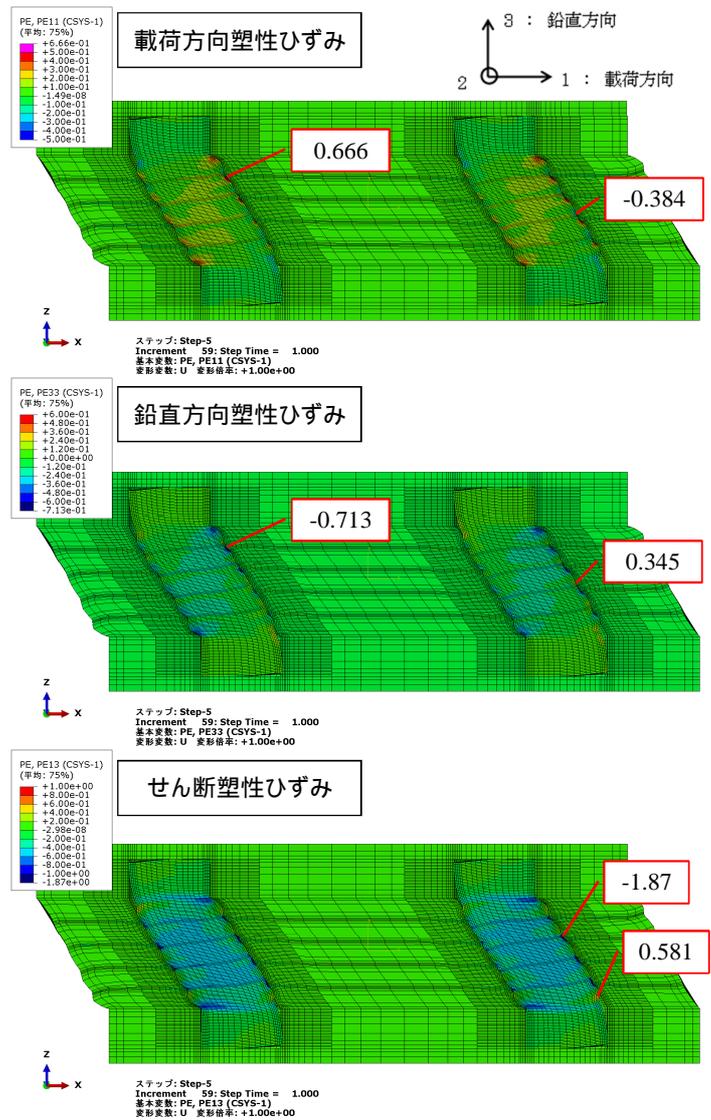


図-3 塑性ひずみコンタ図(3/4 往復目負荷)