

防衛大学校 学生会員 ○衛藤芳昭
防衛大学校 フェロー 石川信隆

防衛大学校 正会員 園田佳巨
シバタ工業 正会員 生駒信康

1. 緒言

兵庫県南部地震による震災以来、既設の落橋防止連結板装置の改良の手段として、連結ピンに高強度の積層繊維ゴムを巻いた装置が考えられている¹⁾。ゴム緩衝ピンを用いた連結板装置は、従来の鋼製ピンに比べ衝撃力の低減効果および局所的な応力集中の緩和が期待できる。そこで本研究では、ゴム緩衝ピンが連結板の動的応答に及ぼす影響について、解析的な考察を試みた。

2. ゴム緩衝ピンを用いた落橋防止連結板装置の衝突実験結果

2.1 実験の概要 実験は、図-1 に示すような落錘式衝突実験装置を用いて行った。実験に用いた連結板試験体を図-2 に示す。ピン試験体は表-1 に示すように全径を一定とし、従来の鋼製ピン(タイプ A)とピンに積層繊維ゴム(ゴム引張強度:200kgf/cm²、繊維引張強度:480kgf/3cm)を巻きつけたゴム緩衝ピン(タイプ B)の2種類を用いた。衝突実験で得られる連結板の応答ひずみは、図-3 に示すようにピン孔中心を基準として 15° 間隔で円周方向に貼付した 3 軸ゲージを用いて計測した。なお、重錘高さは、H=10cm(衝突速度 V=1.4m/s)であり、重錘重量は W=100kgf である。

2.2 衝突実験結果および考察 図-4(a)、(b)は、落錘式衝突実験でのピン直下(No. 7)の半径方向および円周方向ひずみ～時間関係を示している。この図から、タイプ B のひずみの最大値は、タイプ A に比べて半径方向で約 1/3.5、円周方向で約 1/3 に低減されており、応答周期は約 2 倍程度に伸びていることが分かる。したがって、本実験で使用した積層繊維ゴムは衝撃力の低減効果に優れ、連結板内の応答ひずみをタイプ A の約 30%程度にまで低減可能であることが分かった。

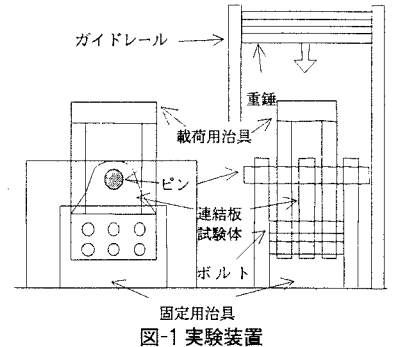


図-1 実験装置

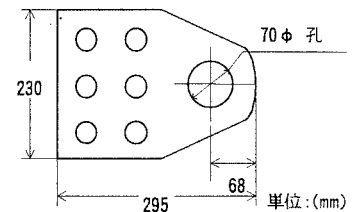


図-2 連結板試験体

表-1 ピン試験体 単位(mm)

名 称	鋼製ピン	ゴム緩衝ピン
ピン種類	タイプ A	タイプ B
ピン形状		

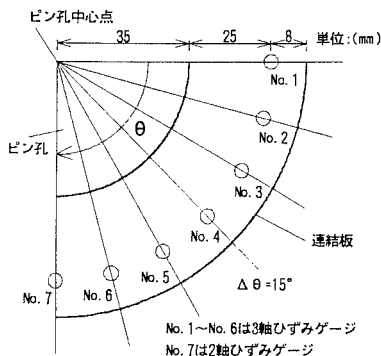
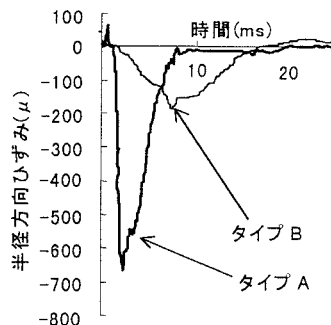
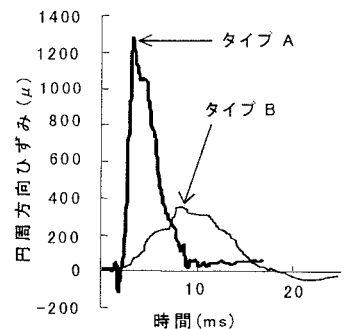


図-3 ゲージ貼付位置



(a) 半径方向ひずみ～時間関係



(b) 円周方向ひずみ～時間関係

図-4 ピン直下(θ=90°)の半径方向および円周方向ひずみ応答～時間関係

キーワード：ゴム緩衝ピン、緩衝効果

〒239 横須賀市走水 1-10-20 防衛大学校 TEL0468-41-3810 FAX 0468-44-5913

3. 有限要素法を用いた解析的検討

3.1 積層繊維ゴムの解析 ゴム緩衝ピンの衝撃力低減効果を定量的に把握するために、数値計算による検証も必要である。そこで、ここでは有限要素法を用いた検討を試みた。積層繊維ゴムのモデル化として、図-5 に示すようにゴムを三角形一次要素、繊維をトラス要素とした。ゴムの弾性係数は、ゴムの材料試験から得られた結果をひずみの二次関数で近似して与え(初期弾性係数 $E_r=8.3 \times 10^1(\text{kgf}/\text{cm}^2)$ 、繊維の弾性係数 $E_f=5.3 \times 10^4(\text{kgf}/\text{cm}^2)$)とした。図-6 は、このモデルを用いて、先に著者らが行った落橋防止壁用緩衝材に対する静的実験²⁾結果と解析結果を荷重～変位関係で比較したものである。この図より、本モデルが積層繊維ゴムの静的挙動を良好に再現できることが認められる。したがって、ゴム緩衝ピンの衝撃応答解析においても同様のモデルを用いた。

3.2 ゴム緩衝ピンを用いた落橋防止連結板の解析

(1) モデル化 図-7 は、ゴム緩衝ピンおよび連結板をモデル化したものである。境界条件として連結板側は AF および DE 上を水平方向に拘束し、ピン側は FG 上を水平方向に拘束した上で点 G を鉛直方向に拘束した。解析における初期条件は、連結板上部 5 要素の全重量を重錘重量の半分に相当する 50kgf とし、連結板上端の節点(点 B, C, D)に衝突速度 1.4m/s(鉛直上方)を与えた。

(2) 数値計算結果および考察 図-8(a), (b)はピン直下のゲージ No.7 に相当する位置(要素 H)の連結板内の半径方向および円周方向ひずみ～時間関係を示したものである。この図より、解析結果は実験結果に比べて応答周期が短くなるとともに応答ひずみも大きくなるが、ゴム緩衝ピンの効果として最大応答ひずみが著しく低減される結果が得られている。すなわち、解析においても鋼製ピンに比べてゴム緩衝ピンは、ひずみの最大値が約 1/2 に低減しており、ゴム緩衝ピンを使用した場合の衝撃力の低減効果が認められた。

4. 結論

積層繊維ゴムの簡易なモデル化により、ゴム緩衝ピンの衝撃力低減効果を評価することができた。数値計算結果では、実験結果より過大な応答ひずみが得られるが、これは実際の衝突現象において、各種のエネルギーの損失があるのに対して、解析上においてはそれが評価されないためであると考えられる。

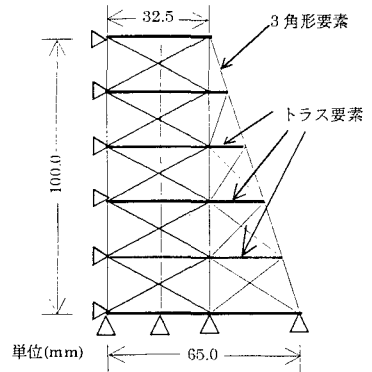


図-5 積層繊維ゴム緩衝材解析モデル

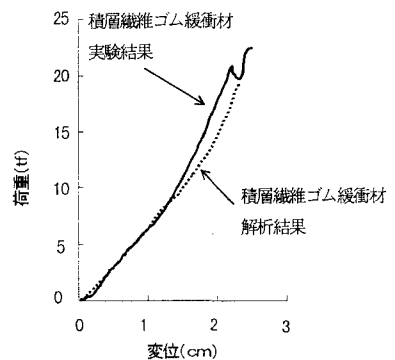


図-6 積層繊維ゴム緩衝材の荷重～変位関係

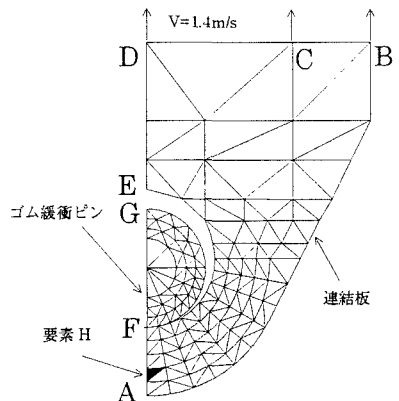
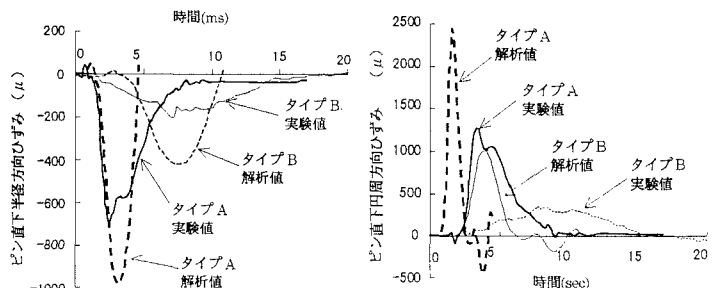


図-7 落橋防止連結板の解析モデル



(a) 半径方向ひずみ～時間関係 (b) 円周方向ひずみ～時間関係

図-8 ピン直下(θ=90°)要素 H のひずみ応答～時間関係

参考文献

- 1) 衛藤芳昭, 園田佳巨, 石川信隆, 生駒信康: 落橋防止連結板に用いるゴム緩衝ピンの衝撃力低減効果について, 土木学会第 52 回年次学術講演会概要集, pp.420～421, 平成 9 年 9 月
- 2) 衛藤芳昭, 佐久間博, 石川信隆, 西川信二郎, 園田佳巨: 落橋防止壁用緩衝材の実験的研究, 土木学会第 24 回関東支部技術研究発表会講演概要集, pp.40～41 平成 9 年 3 月