

(I -21) 落橋防止連結板装置におけるゴム緩衝ピンの荷重分散効果に関する解析的考察

防衛大学校 正員 ○園田佳巨
シバタ工業(株) 正員 生駒信康

学生員 衛藤芳昭
フェロー 石川信隆

1. 緒言 兵庫県南部地震において、落橋防止連結板装置の破壊による橋桁の落下事故が数多く見られ、既設装置の改良の必要性が明らかとなり、その一つの手段として連結板装置に使用するピンに高強度の積層繊維を巻き、発生衝撃力の低減を図ることが考えられている¹⁾。本研究では、ゴム緩衝ピンが連結板の静力学特性に与える影響について、実験的かつ解析的に考察したものである。

2. ゴム緩衝ピンを用いた落橋防止連結板装置の静的荷重実験

落橋防止装置にゴム緩衝ピンを用いることの利点は、連結板への伝達衝撃力の時間的な緩和作用やエネルギー吸収の増大とともに、ピンとの接触面積の増大による荷重分散効果により、連結板内の応力集中を低減させること等が考えられる。そこで、まず静的荷重実験を行い、連結板内のひずみ分布を測定した。

2.1 静的荷重実験の概要

静的実験は、図-1に示すような装置を用いて、50tf アムスラー型載荷装置により載荷治具および連結板を下方に移動させて連結ピンに連結板を食い込ませることにより載荷を行った。実験に用いた連結板を図-2に示す。ピン試験体は表-1に示すように、従来型のAタイプ、ピンに積層繊維ゴムを巻きつけたBタイプの2種類を用いた。計測項目は、連結板のひずみを図-3に示すようにピン孔中心を基準とした極座標を設け、15° 間隔で円周方向に3軸ゲージをR=60mm の一定の距離に貼付した。

2.2 静的荷重実験結果および考察

図-4は、2tf 載荷時の半径方向のひずみ(ϵ_r)分布および円周方向のひずみ(ϵ_{θ})分布を、AタイプとBタイプで比較したものである。この図より、BタイプはAタイプより広い範囲にわたりひずみが分散されていることがわかる。すなわち、Aタイプは連結板内の局所的なひずみの集中度が大きく現れるのに対して、Bタイプではゴムの圧縮変形にともなう載荷面積の増加により、応力集中が緩和されていることが確認される。

3. 境界要素法を用いた解析的検討

ゴム緩衝ピンの荷重分散効果を定量的に把握するには、載荷にともなうピンと連結板の接触面積の拡大過程を正確に評価する必要がある。しかし、離散化解析で検討するには接触域近傍で十分細かい要素分割が要求されるため、領域内の要素分割が不要な境界要素法の方が有限要素法より有効であると考えられる。そこで、ここでは境界要素法を用いた数値計算による検討を試みた。解析対象は、平面応力状態を仮定した上で図-5に示すようにモデル化した。節点間は2次要素により内挿し、変位に関する境界条件として、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、G点を鉛直方向にも拘束した。

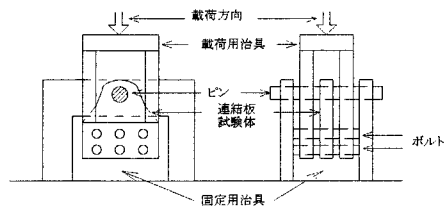


図-1 静的実験装置

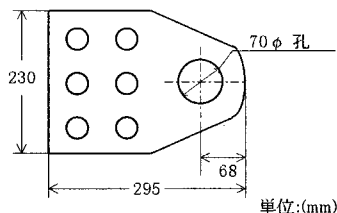


図-2 連結板試験体

表-1 ピン試験体

名称	Aタイプ	Bタイプ
構造	従来型 (鋼製ピン)	繊維積層 ゴム巻きピン
ピン形状		

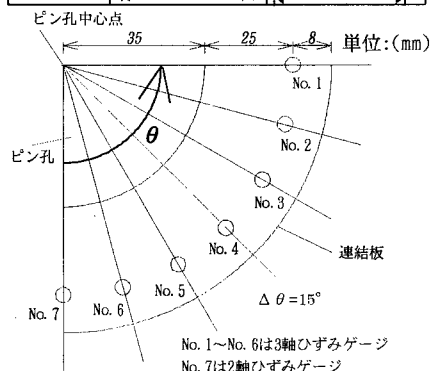


図-3 連結板ひずみ計測位置

荷重は、等分布に換算した表面力を連結板側の CD 上に鉛直上向に作用させた。解析手順は、荷重増分法を用いて、各ステップで全節点の座標の更新を行うとともにゴムと連結板の接触範囲の変化を判定しながら増分解析を行った。なお、ゴム緩衝ピンは繊維を積層に巻き付けた構造のため、内側と外側のゴムで拘束条件が異なり、繊維単層の場合とは全く異なる力学特性を示すものと考えられる。そこで、予めゴム全領域を同一の材料特性でモデル化した解析を行い、実験で得られた荷重-変位関係を再現できる弾性係数の検討を行った。その結果、図-6より $E_r = 2.5 \times 10^4$ (kgf/cm²) のとき、試験体の積層ゴムをほぼ評価できることが認められ、以後の解析ではこの値を用いることとした。なお、ゴムは一般に殆ど体積変化が無いことから、ポアソン比は 0.45 とした。

3.2 数値計算結果および考察

(1) 実験結果との比較

図-7は、2 tf 載荷時の半径方向ひずみ (ϵ_r) 分布について、実験結果と解析結果を比較したものである。この図より、A タイプ、B タイプともに実験結果と良く一致することが認められる。

(2) 積層ゴムの剛性が応力集中度に及ぼす影響

緩衝ピンに使用するゴムの剛性は、要求に応じて変化させることが可能である。そこで、広範な剛性のゴムを緩衝ピンに使用した場合を想定し、ゴムの剛性が連結板の設計式に関わる応力集中度に与える影響について検討した。連結板の現行設計法では、図-5のAF断面およびJK断面で曲げ引張応力を照査するとともに、ピン

と連結板の接触面積を仮定した上で支圧応力の照査も行っている。ここでは、AF断面の半径方向ひずみ ϵ_r 分布とJK断面の円周方向ひずみ ϵ_θ 分布を、ゴムの剛性をパラメータとした検討を行った。その結果、図-8に示すようにJK断面の曲げ引張応力にはゴムの剛性の影響は殆ど見られないが、図-9に示すAF断面の支圧応力に顕著な影響を与えることが認められた。これは、ピンと連結板の接触面積がゴムの剛性により大きく異なるためであり、ゴム緩衝ピンを用いる場合、特にピン直下の支圧応力の設計式にはゴムの剛性の影響を考慮する必要があることが認められた。

参考文献

- 1) 石川信隆、竹本憲介、彦坂照、佐藤浩明、生駒信康：ゴム巻きピンを用いた落橋防止連結板の衝撃緩衝効果について、第3回落石等による衝撃問題に関するシンポジウム論文集、pp169-174、1996年6月

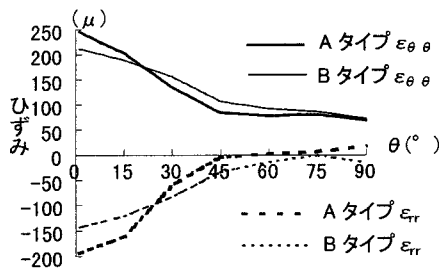


図-4 連結板内ひずみ分布

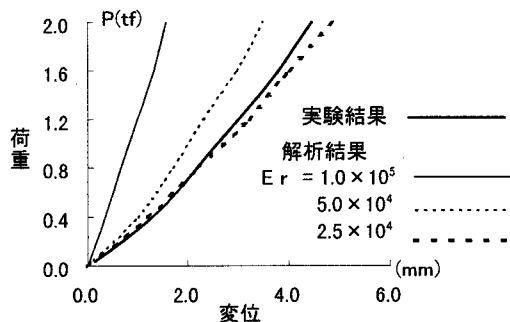


図-6 積層ゴムの剛性の検討

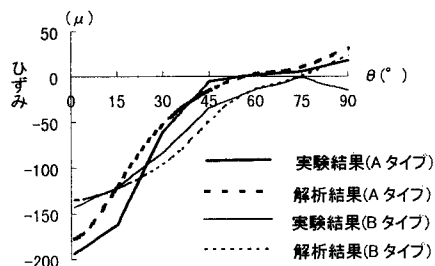


図-7 半径方向ひずみ (ϵ_r) 分布の比較

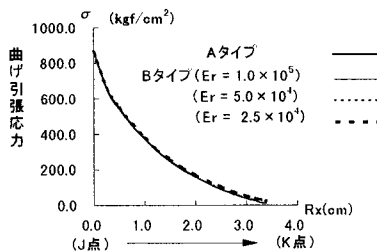


図-8 JK断面の曲げ引張応力分布

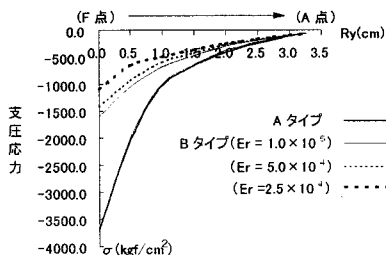


図-9 AF断面の支圧応力分布