

I - B 283

ゴム緩衝ピンを用いた落橋防止連結板の静的弾塑性解析

九州大学 学生員 穴水 宏和 九州大学 正 員 園田 佳巨
九州大学 正 員 彦坂 照

1. 序論

兵庫県南部地震での多数の落橋防止事故により、落橋防止装置の見直し¹⁾が行われたが、既設の橋梁には様々な物理的制約のため大規模な補修が困難であり、既存の連結板をベースとした補強が必要である場合も多い。そこで、本研究では、優れた衝撃緩衝特性を有することが実験的に認められているゴム緩衝ピンの力学特性を解析的に評価することを目的とし、静的弾塑性解析を行った。

2. 解析方法

(1) ゴムのモデル化

本研究で用いた積層繊維ゴムは繊維が破断しない 30%程度のひずみ域であれば、ゴム特有の大きな非線形弾塑性域を有する超弾性体としての特性を失っていない。したがって、繊維ゴムの均質な超弾性体と仮定した。本研究において用いた超弾性体の構成式は以下の式で与えられる。

$$\sigma_i = 2\lambda_i \left[\frac{\partial W}{\partial \lambda_1} + (\lambda_j^2 + \lambda_k^2) \frac{\partial W}{\partial \lambda_2} + \lambda_j^2 \lambda_k^2 \frac{\partial W}{\partial \lambda_3} \right] \quad (1)$$

ただし、 $\lambda_i = (\text{変形後の長さ}) / (\text{変形前の長さ}) = 1 + \varepsilon_i$

式(1)を実際に用いるためには λ_i と関連付けられる右 Cauchy-Green 変形テンソルの3つの不変量に関する偏導関数 $\partial W / \partial \lambda_i$ が既知でなければならない。そこで、本解析では以下に示すような W の式を仮定し、材料試験で得られる応力-伸長比の関係を再現できるような定数の決定を試みた。

$$W = C_{10}(I_1 - 3) + C_{01}(I_2 - 3) + C_{11}(I_1 - 3)(I_2 - 3) \quad (2)$$

図-1 は、単軸引張試験に対する同定計算の結果を示したものであるが、この計算により $C_{10}=71.94$, $C_{01}=2.110$, $C_{11}=1767.0$ の3つの材料定数を求めた。

(2) 落橋防止連結板のモデル化

本解析では、図-2 に示すように対称性を考慮して連結板の半分だけをモデル化し、ピン径 60mm の鋼製ピンと、ピン径 30mm の鋼製ピンの周りに厚さ 15mm の積層ゴムを巻き付けたものの2類を用いた解析を行った。

(3) 解析手法

鋼製ピンを用いた解析では、図-2 における AB 辺の鉛直方向変位と対称軸上の水平方向変位を拘束し、ピンを剛体とみなし鉛直上方へ強制的に変位させた。ゴム緩衝ピンを用いた解析では、ゴムが破断するまでと、ゴムが破断し鋼ピンと連結板が接触してから終局状態に至るまでの2段階に分けた解析を行った。ここでは、ゴムの破断が進行する過程において、図-3 の A 部に示すようにほぼ一定の耐力を示す事実を考慮し、ピンと連結板の接触域の圧力分布には大きな変化はないものと考えた。すなわち、実験においてゴムが破断し始めた 50kN に相当する等分布荷重を与え、ゴム破

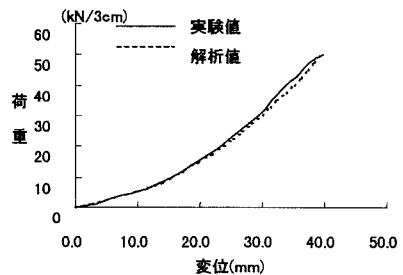


図-1 積層繊維ゴムの同定状況

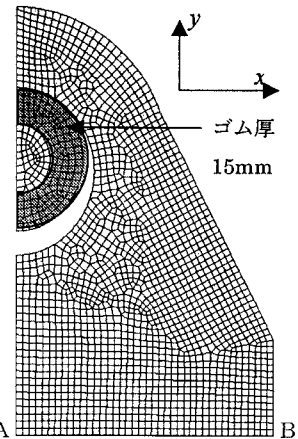


図-2 連結板解析モデル

キーワード：ゴム緩衝ピン、落橋防止連結板、弾塑性解析

連絡先：〒812-8581 福岡市東区箱崎 6-10-1 九州大学 工学研究科 建設システム工学専攻

TEL&FAX 092-642-3261

断時のピンと連結板の接触域の圧力分布を求め、得られた圧力分布と直径 30mm の鋼ピンの接触条件を与えることにより弾塑性解析の計算を行った。

3. 解析結果および考察

本解析により得られた荷重－変位曲線を図-4に示す。鋼製ピンの場合、終局時の荷重－変位関係はほぼ一致しており、良好にシミュレートできた。一方、ゴム緩衝ピンの解析結果は、ゴムの破断が進行する過程に相違が見られるが、それ以外の範囲では良好な結果が得られたと考えられる。また、図-5、図-6はそれぞれ解析、実験における相当塑性ひずみ分布を示したものである。これらより、鋼製ピンを用いた場合にはピンと連結板の接触端部に、ゴム緩衝ピンを用いた場合には接触部中央部で大きな相当塑性ひずみが発生し、実験と解析でほぼ同様の分布をしていることが認められた。この結果は、図-7,8に見られる実験での破断位置に対応しており、本研究で用いた簡易な手順により、ゴム緩衝ピンによる連結板装置の弾塑性挙動を把握できることが認められた。

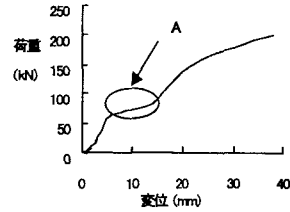


図-3 ゴム緩衝ピン使用時の荷重－変位曲線

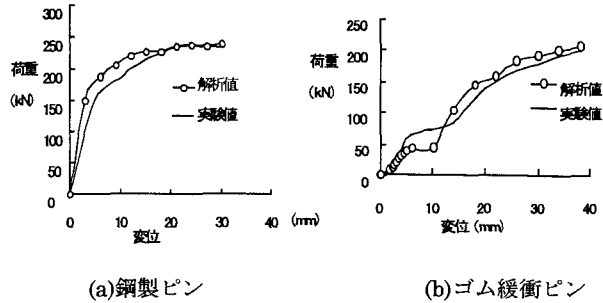


図-4 荷重－変位曲線

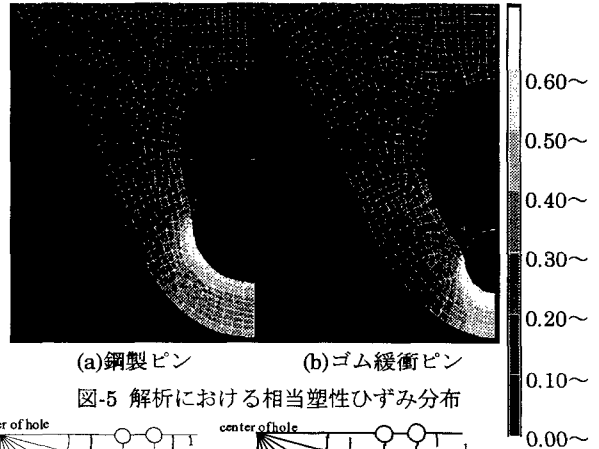


図-5 解析における相当塑性ひずみ分布

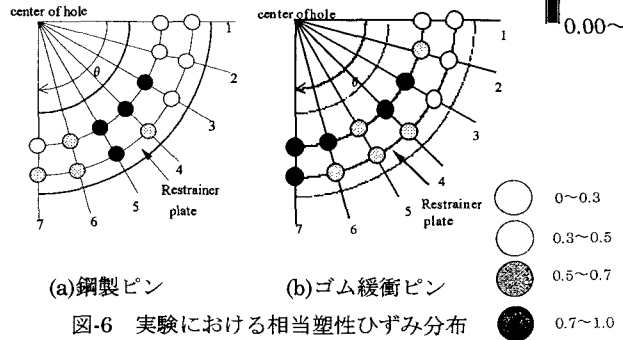


図-6 実験における相当塑性ひずみ分布

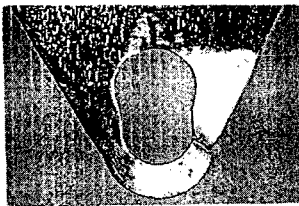


図-7 鋼製ピン使用時の連結板破壊状況

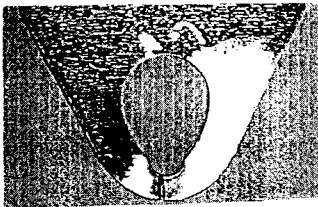


図-8 ゴム緩衝ピン使用時の連結板破壊状況

参考文献:1)西川和廣、神田昌幸:道路橋の支那部構造および落橋防止システムの今後の方向、橋梁と基礎、

pp163-167,1996.8