

防衛大学校土木工学科 正会員 ○伊藤一雄
同 上 正会員 香月 智
同 上 正会員 石川信隆
シバタ工業（株） 生駒信康

1. 緒 言

土石流を受ける鋼管構造物の耐衝撃性能を向上させるために、鋼管内部にコンクリートやラバーを詰めた複合部材（ハイブリッド部材）を使用する方法が検討されている。著者ら¹⁾は、コンクリート充填鋼管の単純はり実験および解析を行い、コンクリートを充填することにより強度は大幅に上昇するが、鋼管の破断によって靱性が低下することを示した。また、ラバー充填鋼管はりの実験も行い、ラバーを充填した鋼管の弾塑性挙動は、硬化型であり、鋼管が破断しないためコンクリート充填に比して靱性が高くなることを明らかにした。

本研究は、ラバー充填鋼管の実験的研究を解析の見地から考察を行うため、従来の断面分割法に局部変形による影響を考慮して弾塑性挙動を解明したものである。

2. 局部変形を考慮した断面分割法による解析

まず図-1(a)のようにラバー充填鋼管断面を n 個の層状な離散断面に分割する²⁾。その上で、①断面の曲率 ϕ を与え、②中立軸の高さ x を仮定して、ひずみ分布（図-1(b))を作り、各層ごとのひずみ ϵ_i を求める。

③ ϵ_i に対応する鋼とラバーの応力 σ_{si} 、 σ_{ri} を図-2に示す多段階線形近似式を用いた鋼とラバーの応力～ひずみ関係より求める。④断面に働く引張力 T と圧縮力 C を次式を用いて計算する。

$$T = \sum_{i=1}^m \{ A_{si} \cdot \sigma_{si} + A_{ri} \cdot \sigma_{ri} \} \quad (1)$$

$$C = \sum_{i=1}^k \{ A_{si} \cdot \sigma_{si} + A_{ri} \cdot \sigma_{ri} \} \quad (2)$$

ここで、 A_{si} 、 A_{ri} ：分割断面 i に属する鋼とラバーの面積、 m 、 k ：それぞれ引張側と圧縮側に属する分割断面の総数。

⑤引張力 T と圧縮力 C が等しくなるまで②～④を繰り返し、中立軸の高さ x を決める。⑥引張力と圧縮力の作用中心から $T-C$ 間の距離 z を求める。⑦ ϕ に対応する M を次式によって求める。

$$M = C \cdot z = T \cdot z \quad (3)$$

⑧ ϕ を逐次に増分して、断面の $M \sim \phi$ 関係を求める。

次に、 $M \sim \phi$ 関係から荷重 P を次式によって求める。

$$P = 4 M_c / L \quad (4)$$

ここで、 M_c ：はり中央点での曲げモーメント、 L ：はりの長さ。続いて、中央点の曲率 ϕ_c と変位量 δ_c の関

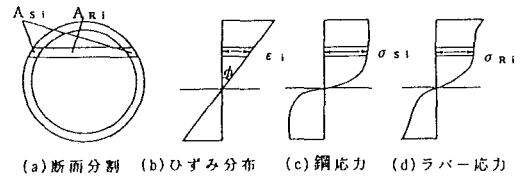


図-1 分割断面のひずみおよび応力分布

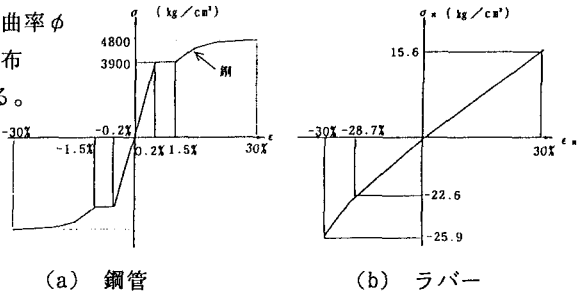


図-2 材料の応力～ひずみ関係

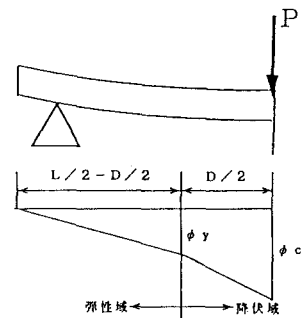


図-3 曲率分布

係は、図-3に示すような曲率分布を用いて次式により与えられる。

$$\delta_c = \iint_0^{L/2} \phi_x dx dx \quad (5)$$

ここで、 ϕ_x ：はりのx点での曲率。

さて、本研究では、載荷点に生ずる断面偏平の影響を取り入れた断面分割法を提案する。これは、図-4に示すように偏平後の断面を楕円形になるものと仮定し、偏平後の形状に対して前述した断面分割法によるM～ ϕ 関係の解析を行うものである。ここで、はりの曲率の増加にともなって偏平が進行することを表す関数としてシグモイド関数を用いた次式を用いた。

$$\alpha = \frac{1.0 - b}{1.0 + e^{-(\phi - \phi_0)/c}} + b - a\phi \quad (6)$$

ここで、 α ：偏平率(D/D_0)、 D ：偏平後の鋼管の短径、 D_0 ：偏平前の鋼管の直径、 a, b, c ：実験定数、 ϕ_0 ：偏平後の断面の弾性限界曲率。

式(6)では図-5に示すように曲率の小さい領域ではシグモイド関数によって急激に偏平率が小さくなり、その後線形的に偏平率が小さくなる。よって、断面の偏平を導入したことにより、局部変位量 δ_L と載荷点変位 δ が次のように算定される。

$$\delta_L = (D_0 - D)/2 \quad (7)$$

$$\delta = \delta_c + \delta_L \quad (8)$$

3. 解析結果と考察

図-6は、式(6)を考慮しない従来の断面分割法を用いた解析結果を示したもので、従来の解析法は、コンクリート充填のように断面偏平の生起しない場合は、実験値を良くシミュレートできるが、ラバー充填の場合は適用できないことが分かる。図-7は、式(6)を考慮した解析法を示したもので、中空、ラバー半充填、ラバー全充填のそれぞれに対して、実験定数 a, b, c を適切に変化させると、その軟化型および硬化型弾塑性挙動を比較的良くシミュレートできることがわかる。

以上より、式(6)の実験定数 a, b, c を適切に決定することにより、ラバー充填および中空鋼管の弾塑性挙動を比較的簡易にかつ正確に追跡できることがわかる。

参考文献： 1) 石川、伊藤、生駒、鈴木：ラバー充填鋼管はりの耐衝撃性に関する一考察、

平成4年度砂防学会研究発表会概要集、pp.288～291、平成4年5月。

2) Park, R. Kent D. C. and Sampson R. A.: Reinforced Concrete Members with Cyclic Loading, Proc. of ASCE, ST7, July 1972.

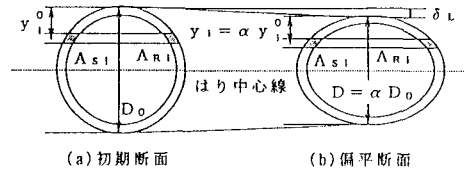


図-4 初期断面と偏平断面

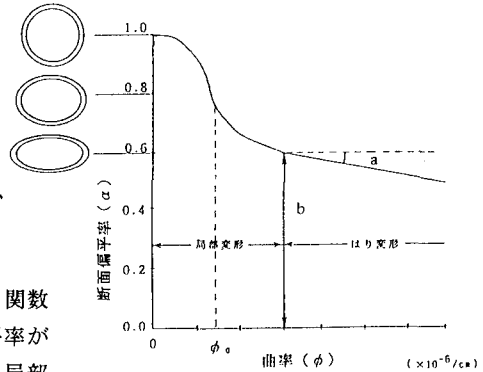


図-5 $\alpha \sim \phi$ 関係式

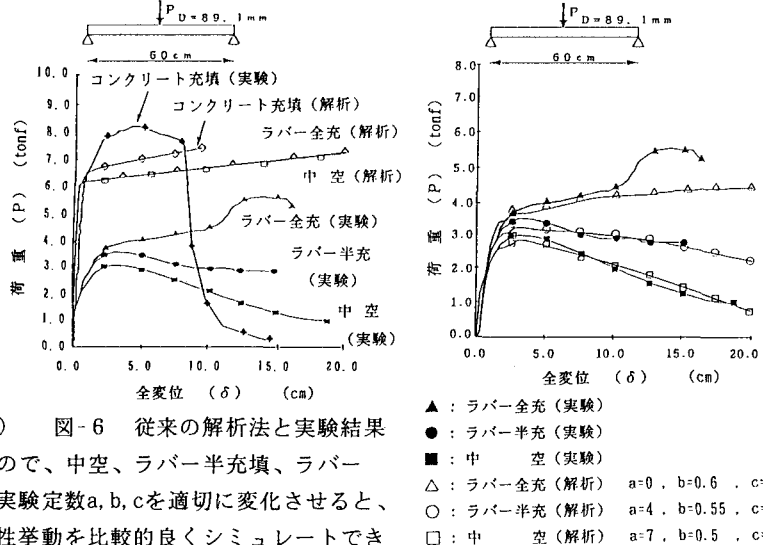


図-7 提案手法による解析と実験結果