

(I-28) ラバー充填鋼管はりの弾塑性解析

防衛大学校土木工学科

学生員 ○渡会 悟芝

〃

正員 香月 智

〃

正員 石川 信隆

1. 緒言

土石流中の巨礫を受けるオープン式鋼製砂防ダムなどの鋼管構造物において、鋼管の中にラバーを充填させて耐衝撃性能を向上させるラバー充填鋼管部材の使用が検討されている。著者ら¹⁾は、ラバー充填鋼管の単純ばり挙動を実験的に調べた結果、ラバーの充填によって、軟化型の弾塑性挙動が硬化型へと変化し、かつ鋼材の高靱性が保たれる利点があることを示した。本研究は、ラバー充填鋼管の部材レベルでの弾塑性曲げ挙動に対する局部断面変形の影響を考慮した解析法を提案するものである。

2. 解析基本式

(1) 断面分割法による $M \sim \phi$ 関係解析²⁾

鋼とラバーの応力 (σ) $\sim$ 歪 (ϵ) 関係に基づく断面の曲げモーメント (M) $\sim$ 曲率 (ϕ) 関係を求めるため、まず、図-1 (a) に示す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。その上で①断面の曲率 ϕ を与える。②中立軸の高さ x を仮定し、歪分布図-1 (b) を作り、各層断面の中心位置の歪 ϵ_i を与える。③ ϵ_i に対応する鋼とラバーの応力 σ_{si} 、 σ_{ri} を求める。ここで、鋼とラバーの応力 $\sim$ 歪関係は、図-2 の多段階線形近似式を用いた。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。

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

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

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 T と C が等しくなるまで、中立軸の高さ x を調整し② $\sim$ ④をくり返す。⑥釣り合った T 、 C の作用中心を求め、 $T-C$ 間の距離 z を求める。⑦ ϕ に対応する M を次式によって与える。

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

ϕ を逐次に増分して、① $\sim$ ⑦を繰り返して、断面の $M \sim \phi$ 関係を求める。以上の解析手法を用いて、断面が偏平しないラバー全充填鋼管を求めると、図-3 の◇印の曲線が得られる。

(2) 断面偏平効果を考慮した解析法

実験によると載荷点において、顕著に断面が偏平する¹⁾。この影響を解析に簡易に取り入れるため、断面の偏平率 α が、断面曲率 ϕ の増加に伴って減少する関数を導入することを試みた。すなわち、 $\alpha \sim \phi$ 関係は、式(4)、式(5)を用いるものとし、偏平した断面と初期の断面との断面分割の関係は、図-4 のように断面分割数および各層断面の面積 (A_{si} 、 A_{ri})

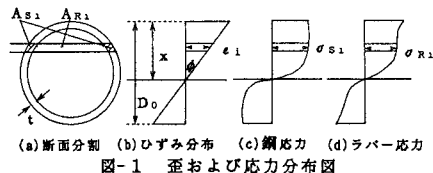


図-1 歪および応力分布図

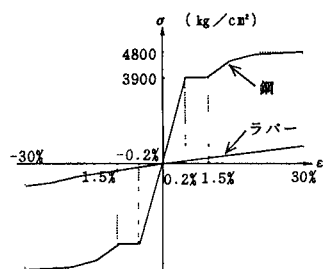


図-2 鋼およびラバーの応力 $\sim$ 歪関係

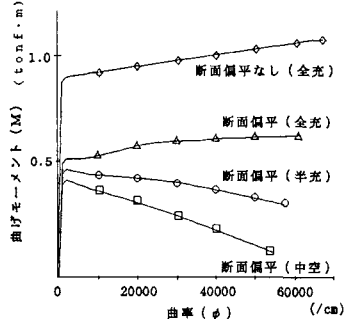


図-3 $M \sim \phi$ 関係図

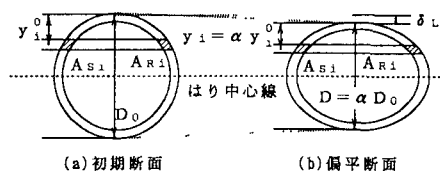


図-4 初期断面と偏平断面の関係

を同一に保ったうえで、はり高方向の径Dおよび各断面の中心点距離 y_1 が α に比例するものとした。

$$\alpha = 1.0 - a \cdot \phi \cdots \cdots (4)$$

$$\alpha = \left\{ \frac{1.0 - b}{1.0 + c \cdot \phi} + b \right\} - a \cdot \phi \cdots \cdots (5)$$

ただし、 α :偏平率 (= D/D_0)、D:偏平したはりの高さ、 D_0 :初期のはりの高さ、a、b、c:実験定数。

ここで式(4)は、図-5 (a)のように線形的に曲率の増大に伴って、偏平が大きくなるモデルであり、式(5)は図-5 (b)のように曲率が小さい領域で大きな偏平挙動を示すことを表したものである。式(5)を用いて $M \sim \phi$ 関係を求めると、図-3の断面偏平(全充、半充、中空)の結果が得られ、偏平による効果を容易にしかもうまく表現できることが認められる。

したがって、載荷点では偏平による局部変位量 δ_L が次式のように求められる。

$$\delta_L = (D_0 - D) / 2 \cdots \cdots (6)$$

(3)単純ばりの $P \sim \delta_c$ 関係

一方、偏平を考慮しない中央集中荷重を受ける単純ばりの荷重(P)～はり変位 (δ_c) 関係は、通常のモールの定理を用いて次式のように算定される。

$$P = 4 M_c / L \cdots \cdots (7)$$

$$\delta_c = \int_0^{L/2} \phi_x x \, dx \cdots \cdots (8)$$

ここで、L:はりの長さ、 ϕ_x :x点での曲率、 M_c :中央点の曲げモーメント

よって、載荷面の全変位量 δ は、式(6)、式(8)を用いて次式のように局部変位とはり変位の和によって求められる。

$$\delta = \delta_c + \delta_L \cdots \cdots (9)$$

3. 解析結果と考察

著者等の行ったスパン60cmの単純ばり実験結果¹⁾と解析結果を比較して検討する。

図-6 は、式(5)による偏平効果を考慮した解析結果を示したものである。ラバー半充填および中空鋼管とも実験結果とかなりよく合っているが、ラバー全充填の場合は、実験の凸型の硬化型挙動に対し、解析では完全弾塑性に近い硬化型挙動となっており、ラバー全充填による凸型の硬化型挙動をまだ十分に表現し得ていない。

4. 結 言

本研究は、ラバー充填鋼管はりの静的弾塑性挙動を解析的に調べたもので、断面の偏平効果を考慮すると実験結果とかなりよく一致することがわかった。しかし、ラバー全充填の挙動については、さらに検討する必要があることも認められた。

参考文献

1)伊藤, 石川, 生駒:ラバー充填鋼管はりの衝撃破壊実験に関する基礎的考察, 第19回関東支部技術研究発表会, pp. 120～121, 平成4年3月
2)Park, R., Kent D.C. and Sampson R.A.:Reinforced Concrete Members with Cyclic Loading, Proc. of ASCE, ST7, July 1972

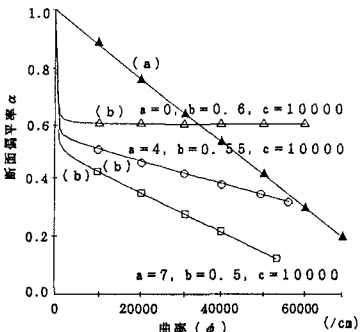


図-5 $\alpha \sim \phi$ 関係図

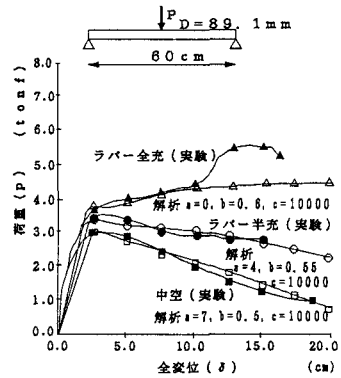


図-6 偏平効果を考慮した解析