

## I - B180

# 飛翔体衝突による曲げ衝撃を受ける 鋼殻部材の波動伝播特性

筑波大学 学生会員 山崎 義浩  
同 上 正会員 西岡 隆

## 1. はじめに

鋼製橋脚や箱桁といった薄肉構造では、集中力が作用する部分に補剛材や中間ダイアフラムが付加される。しかし衝撃を受けた場合の中間ダイアフラムのある薄肉構造物については、その挙動に不明な点が多い。本研究では飛翔体が衝突するときの慣性力を衝撃外力とした。その際衝撃によって生ずる構造物を伝播する応力波を、性質の異なるいくつかの波動の伝播によるものとしてとらえる。中間ダイアフラムのある薄肉構造物において、それら波動による変形に着目しひずみエネルギーを用いて考察する。

## 2. 解析手法

図-1に示すような全体座標系 X-Y-Z に置かれた両端単純支持の鋼殻部材を考える。殻は鋼薄肉円筒で部材軸方向を Z 軸に、鉛直下方を Y 軸にとる。部材の長さを L、断面の直径を D、鋼殻の肉厚を h とする。鋼殻部には有限帯板法を用い、k 枚の帯板要素を節線 1-1' ~ k-k' で結合させる。部材の両端にはダイアフラムが入っており、その面内剛性は無限大と仮定した。得られる無次元化された運動方程式において、節線の変位関数を境界条件を満たすフーリエ級数で展開する。運動方程式を有限フーリエ変換すると次の支配方程式が得られる。

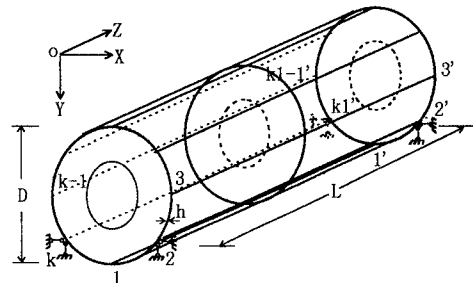


図-1 中間ダイアフラム鋼殻部材の解析モデル

$$\overline{M}\ddot{\overline{U}}_0(t, Z) + \overline{C}\dot{\overline{U}}_0(t, Z) + \overline{K}\overline{U}_0(t, Z) = \overline{P}(t, Z) \quad (1)$$

ここで  $\overline{M}$ ,  $\overline{K}$  は変換された質量マトリクス、剛性マトリクスであり、減衰係数マトリクス  $\overline{C}$  は  $\overline{C} = \gamma \cdot \overline{K}$  ( $\gamma$  は比例定数) と置いている。また  $\overline{U}_0$  は節線変位の係数ベクトル、 $\overline{P}$  は変換された節線外力ベクトルである。中間ダイアフラムと鋼殻部材の間に生ずる内力を級数で展開し、式 (1) に付加できるようダイアフラムの剛性マトリクス  $\overline{K}_d$  を含む式に変形する。衝撃外力は飛翔体が鋼殻部材中央で Y 軸方向に衝突する場合を考える。この曲げ衝撃外力は解析において力積が 1 となるよう設定した。衝撃力も級数で展開し、飛翔体の質量マトリクスを  $\overline{M}_{pr}$  として式 (1) に付加する。これにより飛翔体衝突による鋼殻部材の応答は、衝突時の初期条件より生ずる自由振動と考えることができる。以上の解析の手順は図-2のフローチャートに示す。解析に用いたパラメータ次のようにした。k=8, h/D=1/300, L/D=5,  $\gamma=1.0 \times 10^{-4}$ , 飛翔体と部材の質量比 1/1000 である。

曲げ衝撃, 中間ダイアフラム鋼殻部材, 群波動, ひずみエネルギー

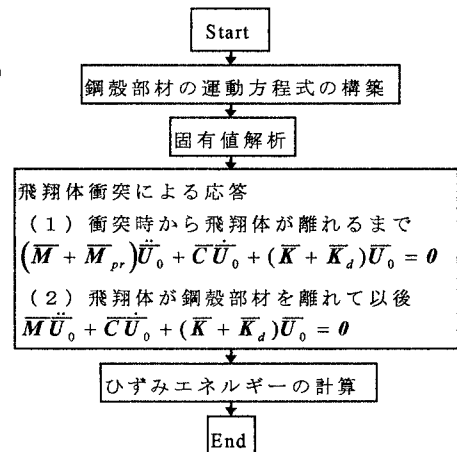


図-2 解析手順

### 3. 解析と考察

図-3には曲げ衝撃を受けた部材の時刻 2.0 のときの変形図を示す。図-3 (A)は中間ダイアフラムの無い鋼殻部材の場合であり、図-3 (B)は有る鋼殻部材の場合である。図-3 (A), (B)では共に中央の荷点より両端に向かい、いくつかの波動が重なり合いながら伝播している。図中にはそのうち主な波動を区別して、波動(a), (b), (c)を付記した。図-3 (A)で変形はまず曲げ衝撃荷点の断面内で局部的に生じ、その後荷点された節線に沿う鋼殻で特に大きく応答し伝播して行く。波動が両端に達すると徐々に部材の全体的な応答となり、高次の波動が減衰して部材のたわみ振動に移行する。これに対し図-3 (B)では中間ダイアフラムの効果により、鋼殻のみの部材よりも早い段階から部材の全体的な応答となっている。中間ダイアフラムは荷点付近の局部的な断面変形を緩和しているが、変形を部材のたわみ変形に変化させている。また中間ダイアフラムの無い場合には少なかった伝播速度の速い波動(b)が生じている。この場合も高次の波動が減衰して、徐々に部材のたわみ振動に移行する。

次に曲げ衝撃を受けた部材に生ずるひずみエネルギーを図-4に示す。図-4 (A)は中間ダイアフラムが無い鋼殻部材の場合、図-4 (B)は有る鋼殻部材の場合で、それぞれの時刻について表した。また図中(a), (b), (c)は図-3の主な波動に対応している。図-4 (A), (B)では共に、ひずみエネルギーが図-3 (A), (B)での波動の伝播に伴う変形を良く捕らえている。図-4 (A)ではいくつもの波動が、中央荷点より分散しながら伝播している。波動(a)を含め、これらは鋼殻部材の板としての曲げ波動である。これに対し図-4 (B)では波動(b)が鋼材のせん断波の群速度 (0.63 : 鋼材の縦波動の速度を1.0とする) で、幅の狭い分布で伝播している。群波動(b)は鋼殻面内のせん断波動である。また波動(c)は分散性のある波動で、鋼殻部材の曲げ波動である。

### 4. 結論

中間ダイアフラムを有する鋼殻部材スパン中央に、曲げ衝撃力が作用する場合を解析し、以下のことがわかった。

(1) 中間ダイアフラムの効果によって断面の局部的変形が拘束され、伝播する曲げ波動が板のたわみとしての性質によるものから、部材のたわみによるものに変化する。

(2) 中間ダイアフラムがある鋼殻部材においては、幅の狭い分布の卓越した鋼殻面内のせん断波動が群波動となって伝播する。

参考文献 1) 中村秀治: 断面変形を考慮した薄肉はりの振動解析, 土木学会論文報告集, 第233号, pp.11-22, 1974年3月. 2) 林 正・渡辺 力: 節点帯板法による薄肉構造物の自由振動解析, 土木学会論文集, No.549/I-37, pp.141-148, 1996.10.

