

長崎大学 正員 築地恒夫
 “ 学生員 川田章夫
 “ “ 藤井秀樹

1. まえがき

・曲線道路橋には従来一定曲率を持つ平面曲線が一般に使用されているので、円弧はり振動特性については多くの研究がなされてゐる。しかるに最近、曲率が連続的に変化するクロソイド曲線が道路橋の一部に使用されるようになり、薄肉断面を有するクロソイドはりの振動特性を知る必要性が増加してゐる。しかし、断面のそり変形も考慮したクロソイドはりの振動に関する研究は、理論的にも実験的にも全く行なわれていないのが現実であらう。そこで、クロソイドはりの振動解析の第一階として、薄肉H型断面を有するクロソイドはり試験片による振動実験を行い、クロソイドはりの振動特性を調べるとともに、有限要素法による理論解析法の手掛りを得ようとしたものである。

2 実験概要

本実験に使用する試験片は、図1に示す断面寸法を有し、同心軸(5軸)が $R_5 = 1250 \pi \text{ cm}$ のクロソイド曲線をなす、長さ $25 \pi \text{ cm}$ (両端に約 100 mm の固定部分を設ける)のみりである。厚さ 3 mm のアクリル樹脂板を木型により曲げ加工して両フランジを作り、ウェッジ部に接着し、H型断面構造にしたものである。

振動実験は、写真に示すようにはり両端を 79
基礎に固定した両端固定状態で行なう。二軸対称断面を有する
平面曲線はりであるから、振動は面内、面外に分離する。従っ
て、加振もウェッジ"面に垂直な γ 方向と、ウェッジ"面に平行な
 δ 方向に分けて行なう必要がある。加振矢位置を図1に示す。
A $\sim$ Dは面外振動、E $\sim$ Fは面内振動のため加振矢である。

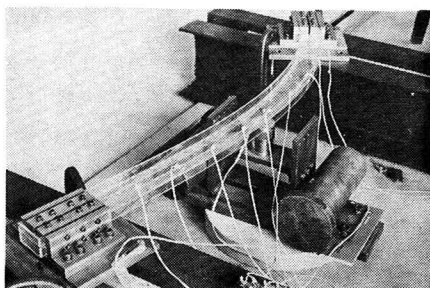
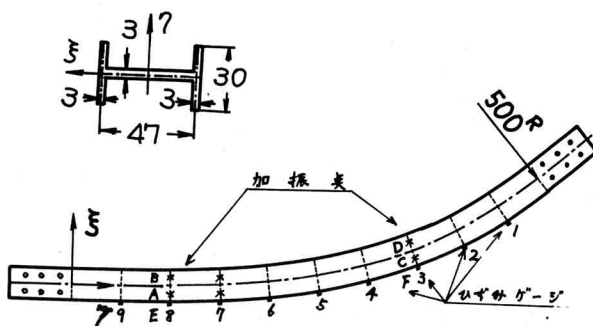
加振は小型電動加振器（加振力 0.2 kg，可動部質量は試験片への取り付け金具も含めて約 20 g）を直接試験片に取り付けて行なう。試験片および加振器取り付け状況を写真に示す。

フランチ先端に貼り付けたひずみゲージの出力の極大点を、ブラウン管オシログラフにて判定し、その共振周波数をもってクローズドはりの共振周波数とする。共振周波数における振動波形は直接測定できないうが、各共振波形におけるノーダルラインの位置を測定することにより、理論解析より求めた波形と比較することが出来る。面外振動に対しては、ウェブ上に生ずるノーダルライン、面内振動に対してはフランチに生ずるノーダルラインの位置を測定する。測定には、ひずみゲージを用いた特製の接触形検出器を使用し、フランチに貼り付けたひずみゲージと検出器ひずみゲージ出力の位相とを比較することにより、ノーダルラインの位置を判定する。

3. 實驗結果

上記方法による振動実験によつて測定された共振周波数の平均値を表1に示す。測定値のバラツキを示すため

圖 - 1



土でその上限、下限を表わす。5, 8 次振動は面内振動で、その他は全て面外振動である。加振位置、および共振判定用ひずりゲージ位置により、特に系統だった差はみられない。

図 2 に 2 ～ 9 次の面外振動におけるノードラインの位置を示す。実験ノードラインは線とならずある幅を持つ。1 次は、はり全体が同じ方向に変位および回転している振動で、ノードラインは存在しない。2, 4, 7 次はねじれ変形が優勢な振動であり、3, 6, 9 次は曲げおよびねじれ変形がともに大きな振動である。振動が高次になるに従い、ノードラインが複雑になるとともに、振幅が小さくなるため振動波形の判定が困難となる。

4. 理論解析

理論解析は、一定曲率を有する円弧はり要素の剛性マトリックス、および質量マトリックスを用いて有限要素法にて行なった。剛性マトリックスは円弧はりの変形によるひずみエネルギーより、質量マトリックスは分布慣性力を各節点における等価節点力に置き代えることにより求めた。

解析にあたっては、クロソイドはりを 10 等分に分割し、各要素はその要素中両端の曲率を有する円弧はりで近似した。断面の曲率半径方向揺がりを考慮した解析を行なうためには、有限要素法が最も有効な方法であると考えられる。

理論解析値と実験値を比較する際に必要な弾性係数は、試験片が高分子材料より出来ていることを考慮して、 $3.8 \times 3 \times 2.50 \text{ mm}$ の片持ちはり試験片による振動実験より、動的弾性係数を求めた。室温 12.0°C における動的弾性係数は 550 kg/cm^2 であった。10 等分割有限要素法によって求めた振動固有値より、上記弾性係数を用いて計算した共振周波数を実験値と比較して表 1 に示す。また別にガレルキン法によって解析した結果（断面の曲率半径方向の揺がりを無視）も比較のために示す。両解析結果とも実験値より小さくなっているが、両解析値はほぼ一致しているようである。

なお、解析結果の詳細については、講演会当日、報告する予定である。

表-1 共振周波数

次数	実験値	理論解析値		
		F. E. M	ガレルキン法	
1	67 ± 2	72	73	面外
2	160 ± 5	164	164	面外
3	190 ± 3	205	209	面外
4	307 ± 13	331	327	面外
5	335 ± 5	369	362	面内
6	375 ± 15	415	422	面外
7	503 ± 17	577	568	面外
8	631 ± 1	678	661	面内
9	635 ± 4	700	710	面外

図-2 ノードライン位置 (実験)

