

九州大学 工学部 学生員 ○松田 泰治
九州大学 工学部 正 員 園田 敏矢
九州大学 工学部 正 員 小坪 清真

1. まえがき

着者は、製鉄所等によく見られる、直径に比べて長さが大きい支柱を有する長大高炉原料装入ベルトコンベヤの常時微動測定による振動試験を行ったところ、けたの振動に比べて支柱の曲げ振動が大きく、この種の構造物では支柱部分が耐震上の弱点となることがわかった。よって本研究はベルトコンベヤの支柱部分に着目し、それをモデル化して振動解析および応答解析を行ない、ベルトコンベヤの耐震設計に対して有用な結果を得ようとするものである。ここでは、振動台上に小型支柱モデルを作成して振動実験を行った結果と、この模型に対して理論的な解析を行った結果とを比較検討した。

2. 模型実験概要

図-1に示すような直径25mm、肉厚1mmのアルミニウム円管3本(うち2本は同じ長さ)からなる支柱組上に、鉄製の重さ9kgの頂板をもつような構造の模型を製作した。それを振動台に固定して、X方向およびY方向に分けて正弦波加振を行ない振動特性(固有振動数、変位モード、減衰定数)を求めた。測点は振動台の入力加速度に対して1ヵ所、水平方向には各支柱の中間点および頂板に各1ヵ所、頂板の水平軸まわりの回転を計測するために頂板の両サイドに上下方向に2ヵ所設けた。加速度計は歪式加速度計(容量2G)を用いた。尚、支柱中央部には直接加速度計を取付けることはできないので、まず支柱にアクリル板を固定してその上に加速度計を取付けた。Z軸まわりのねじれ振動に関しては正弦波加振ではX方向、Y方向共に明確な共振が見られなかったので、自由振動させて振動数だけを求めた。またランダム表による加振も行ない各測点の応答をデータレコーダーに記録した。

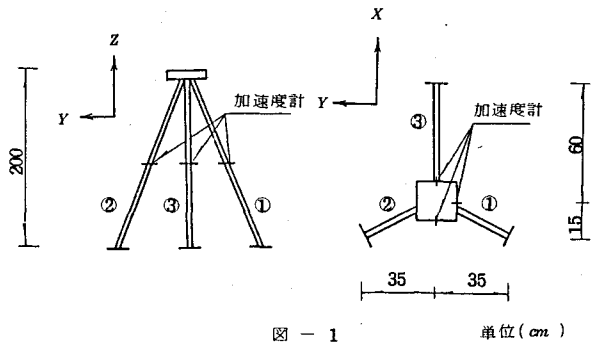
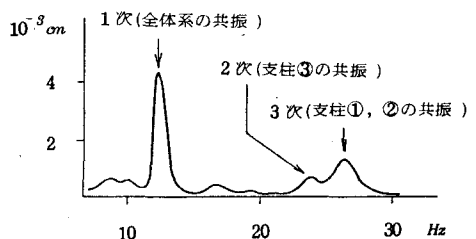


図 - 1 単位 (cm)

Y方向 支柱1 共振曲線



Y方向 頂板 共振曲線

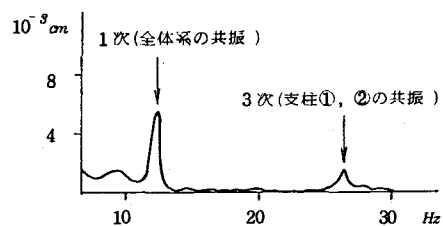


図 - 2

3. 実験結果

振動数を0.1Hz間隔で上げてゆくと、X方向、Y方向共にまず全体系として共振し、そのあと支柱の長い方から順に支柱の曲げ振動が共振した。支柱①と支柱②に於いては共振時の振動数に実際はわずかのずれが見られたが、これは模型製作上での誤差と考えられるので同一のものとした。各共振点ごとに共振曲線を描き、それより変位モード、減衰定数を求めた。図-2はY方向正弦波加振時に於ける支柱①と頂

板の共振曲線である。また得られた固有振動数と減衰定数は表-1に示す。変位モードは頂板と支柱中間点を図-3、図-4にプロットした。

次数	X 方向			Y 方向		
	振 動 数 f (Hz)		減衰定数 h (%)	振 動 数 f (Hz)		減衰定数 h (%)
	実験値	理論値		実験値	理論値	
1	14.8	14.7	0.4	12.5	12.8	0.8
2	24.4	27.4	0.3	23.9	26.4	0.4
3	26.3	29.8	0.4	26.6	28.9	0.4
ねじれ	18.1	18.2				

4. 理論的解析

理論解析は実験値へも明らかなように支柱の曲げ振動が現われていたため、部材をエ、ミ、ヌ、 α_1 、 α_2 、 α_3 の6自由度とモットラーメン構造物と考へ、頂板を剛体、支柱下端を固定とし、各支柱を10等分して有限要素法を用いて行った。この場合、支柱重量に比べ支柱中央に取り付けたアクリル板と加速度計の重量が大きい無視できないのでそれらも考慮した。解析結果は実験値と合わせて表-1に示す。解析で得られたエ方向とミ方向の振動モードは図-3、図-4に実線と示す。図-5はヌ軸まわりのねじれのモード図である。固有振動数の実験値と理論値を比較すると、全体系の固有振動数である1次は両者がほぼ一致している。2次以上は理論値の方が高く出ている。これは実際には支柱下端が弾性固定であることを理論では完全固定として計算したため固有振動数が高くなったものと考えられる。変位モードに関して比較すると、支柱の共振する2次、3次のモードで見られるように、理論的には動かないはずの部分が実際の実験に於いてはかなり動いているものがあつた。

そこで支柱の曲げ振動に着目して、下端固定、上端ヒンジと考へて、固有振動数を計算すると、支柱①、②は25.7Hz、支柱③は24.4Hzとなり、表-1を見ると模型の固有振動数とほぼ一致している。

以上の実験および理論から明らかなように、部材共振を伴う構造物では全体系の固有振動の他に各部材の固有振動が共振したるに大きな影響を及ぼすことが考えられる。従つて本研究で取り上げた構造物は、耐震的には不利な構造物であると言える。

目下、ランダム波頂板によって得られた振動台の入力加速度を用いて変位応答計算を行つて、実験によって得られた変位応答と比較検討を行つてゐる。これらの結果については当日発表の予定である。

<参考文献>

- 小坪清真著 「エ不振動学」
三木不茂夫、吉村信敬共著 「有限要素法による構造解析プログラム」 日本鋼構造協会編

表 - 1

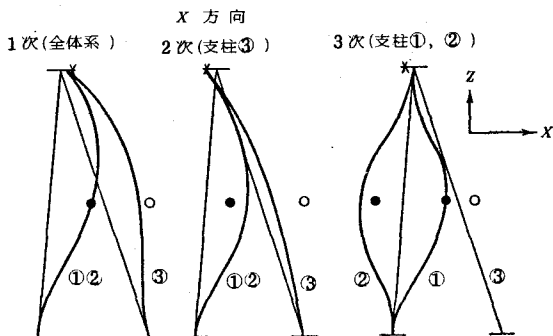


図 - 3

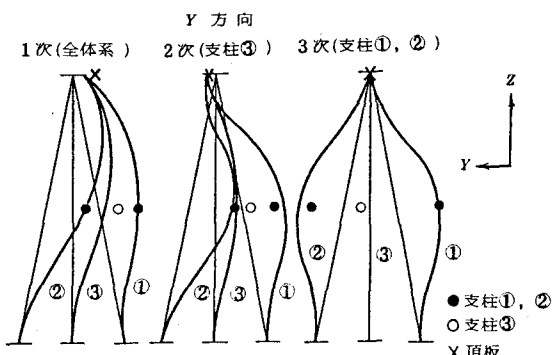


図 - 4

ねじれの振動モード

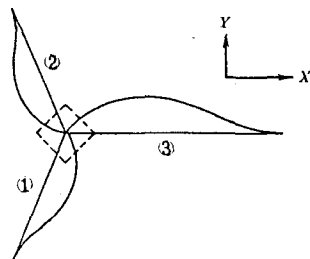


図 - 5