

I-195 片持梁の非線型振動

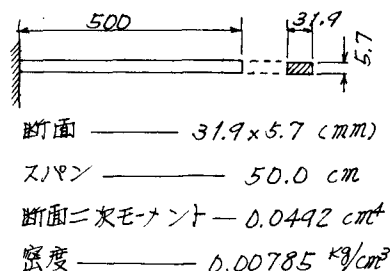
東京都立大学 正会員 奥田秋夫
 " " 学生員 国井隆弘
 " " " ○植松幹夫

1. まえがき

筆者等は先に曲げ系の非線型振動に対して多質点系による解析法を提案した^(1,2)。今回の研究では、復元力の非線型性を有し初期変位の手えられた自由振動について、片持梁をモデルとして実験を行なった。非線型振動を連続体的に解析することは理論的に不可能に近いゆえ、質点法でかつ又、高次振動の重ね合わせが可能な解析方法として、曲げモーメントによって支配される塑性ヒンジの考え方を導入した筆者等の解析法を用い、実験結果と計算結果とを比較して、曲げ振動系の非線型振動についてその特性を把握しようと試みた。曲げ振動系の非線型振動について実験的に研究したものは比較的少ないようであるが、ここでは自由振動を取扱い、更に一般的な外力の場合の基礎データとした。

2. 実験方法

振動実験に用いた片持梁は右図の如くスパン50^{cm}の平鋼を埋込端に於てアムスラーにて圧縮固定したものであり、初期変位は自由端のみに載荷することにより得た。振動測定は埋込端付近及びその他の点の動的ひずみをひずみゲージを通して得た。



3. 振動理論及びその計算

振動理論については文献(1)(2)で詳しく述べてあるので、ここではその概略を記するに止める。

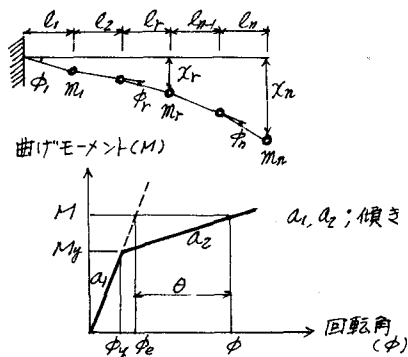
振動モデルとしては右図のものを逆び、振動系は質点、回転ヒンジ、無重量剛棒から成り、ヒンジの回転は曲げモーメントにより支配されるとした。又、 $M-\phi$ 関係の中に非線型性を取り入れることにより(右図)非線型振動の方程式が導かれる。

今、 $\phi = \phi_0 + \theta$, $\theta = (M - M_f)/R$, $R = a_1 \cdot a_2 / (a_1 - a_2)$

$$[L] = \begin{bmatrix} l_1 & 0 & 0 & \cdots \\ l_1 + l_2 & l_2 & 0 & \cdots \\ l_1 + l_2 + l_3 & l_2 + l_3 & l_3 & \cdots \end{bmatrix} \quad \text{と定義すれば}$$

$\{x\} = \{y\} + [L]\{\theta\}$, $\{y\} = [L]\{\phi_0\}$ — と $x-\phi$ 関係が得られる。又、運動方程式は、

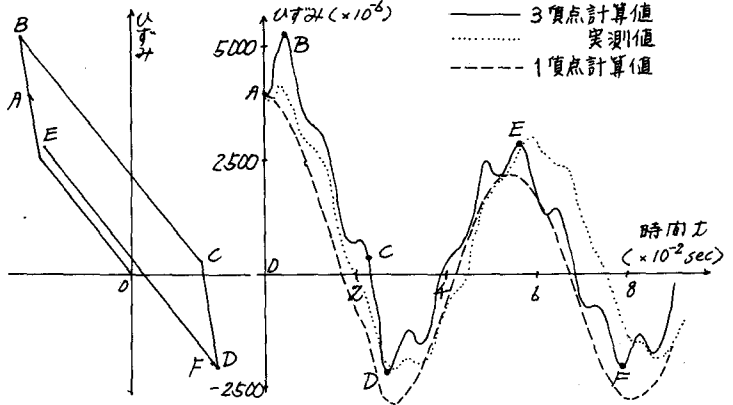
$[m]^T \ddot{x} + [C]\dot{x} + \{F\} = \{0\}$ である。実際の振動計算はこの方程式を差分で解き、差分間隔は 0.0001 秒(基本振動周期は 0.0538 秒)とした。計算に必要な諸量は次の通り。 $M_f = 936 \text{ kg} \cdot \text{cm}$, $a_1 = 6052 \text{ kg} \cdot \text{cm}$, $a_2 = 1058 \text{ kg} \cdot \text{cm}$, $R = 1281 \text{ kg} \cdot \text{cm}$ 。今回は、高次振動の影響を解析するために質点数を 1 質点(先端のみ)と 3 質点に分けて計算を行なった。



3. 結果及び考察

実測値と計算の結果が図-1に示されている。歪量についての両者の差は少ないがD以後から位相のずれがみえる。

これは、E以後の線型振動ではこの位相のずれが一定であることから、A-B間での塑性が継続した時間の違いが原因していると思われる。計算結果は質点に付く慣性力から曲



復元力特性

図-1

時間-歪曲線

げモーメントを求め、あらかじめ静的に得ていた曲げモーメント-歪関係を用いて与えられる。図-2は線型と非線型振動との違いを曲げモーメントの計算結果について比較したものだ。復元力特性から減衰作用的效果が得られるのが解る。ここでは当然非線型振動が位相をのばすことになるが、この位相のずれ、及び振中の減衰性は $t=3 \text{ sec}$ 以後の線型振動では両者共に同一性を保っている。図-3は埋込端から2/3の点の測定歪を、線型振動の結果を拡大して比較したもののだが、振中の減少と共に高次波の減少も確かめられる。非線型振動は1質点系で論じられることが多いが、図-1,2に1質点系での計算結果が比較されている。曲げモーメント(図-2)は差異が小さいが図-1に於いてA-B間の塑性状態の有無が多質点系及び実測値と歪量を大きく異にしているのが注目される。

初期荷重の大小に伴う振動性状の差異が、C-D間(図1)の経過時間でもって下表に示されている。

初期荷重	C-D間継続時間 ($\times 10^{-4}$)			E_A/E_y
	実測値	計算値	1質点系	
20.21	31.5	31	5.2	2.52
20.71	32.5	37	6.1	3.02
21.21	40	40	6.9	3.57
21.71	55	46	7.2	4.10

計算に用いた電算は東京大学 HITAC 5020, 都立大学

FACOM 270-20/30である。なお研究を進めるにあたり多大の援助をいただいた谷島恒男助手、他研究室の皆様には心から感謝します。

文献 (1) 国井「曲げ振動系の非線型応答」第10回地震工学研究発表会、(2) 国井「非線型振動について」第4回年次学術講演会、1987

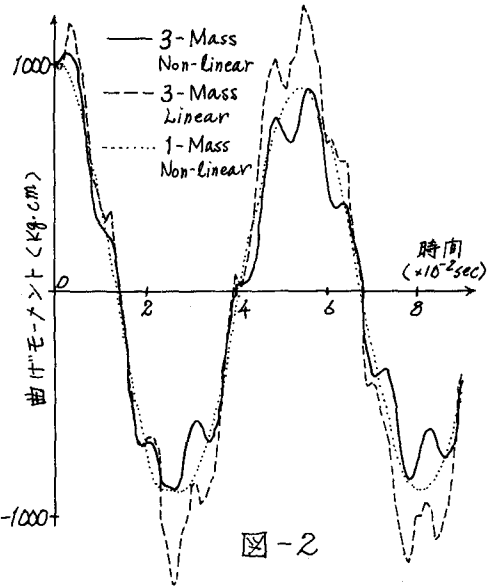


図-2

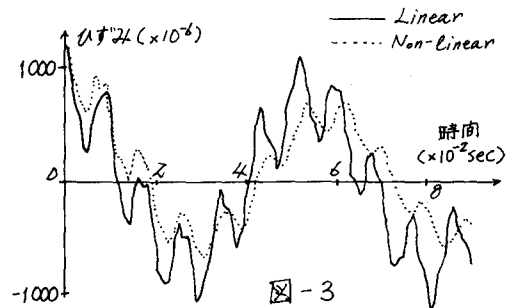


図-3