

I-15 鋼製煙突の地震強度に対する一検討

京大大学院 中川建治

1 はしがき

従来、鋼製煙突の地震動に対する応答を解析した例は、見受けられない。日本では、最近、大規模な火力発電所が建設され、公害の問題に関連して、鋼製煙突も大型化されている。この観点から、中部電力株式会社四日市火力発電所の高さ120mの鋼製煙突が、1940年5月18日に、アメリカのEL CENTROで記録された地震動のE-W方向成分の地震波に対して、いかなる応答を示すかを、京都大学電子計算機KDC-1を用いて解析した。鋼製煙突の設計上、多少とも参考になるとと思われるので発表したいと思う。

2. 計算法

計算の便宜上、煙突管体を次のような構造物とみなして解析する。[図-1] [表]

1° 基部が基礎地盤に剛に埋め込まれた片持梁として、曲げ変形のみを考える。

2° 管体の質量は、適当な数、 n 区間に分割して、集中質量とする。管体の曲げ剛性は、各区間内では一定で、階段変化しているものとする。

3° 地震時には、地震動以外の外力は作用しないものとして、減衰力も無視する。

このような構造物に対して振動方程式をたてると、 n 元連立2階線型常微分方程式となる。集中質量を M_j 、基礎地盤に対する各質点の水平相対変位を Y_i 、地震加速度を Z とすれば、振動方程式は、
$$[M_j] \{\ddot{Y}_i\} + [f_{ij}] \{Y_i\} = -[W_j] \{\ddot{Z}\} \quad i, j = 1, 2, \dots, n$$
として与えられる。ここでは、 $n=6$ として、 Z は、上記のEL CENTROの地震波形を、それぞれ \sin の半周期の波で生み得るかぎり正確に近似させて計算した。

3 計算結果に対する検討

以上の計算結果から 次の諸点が注目に値しよう。

- 1° 地震動によって生ずる管頂部の水平変位は、基本振動が支配的であり、最大水平変位は約14cmである。他方、共振風速によって、風速方向に直角な方向に誘起される基本振動の最大水平変位は、約54cmである。
- 2° 地震波を再現させて、振動方程式に導入する場合、最小振動周期を0.2秒としたにもかかわらず、高次振動が発生した。
- 3° 従って、曲げモーメントの変動する周期は非常に短かく、ほぼ、オ5次振動の周期で振動している。各点に生ずる最大曲げモーメントは、風圧力による曲げモーメントと比較して、管体上部でも、予想外に大きな値である。[図-2]
- 4° なお、曲げモーメントは、高次振動で振動しつつ、その振幅は、明らかに基本振動によって支配されていて、音波における「うなり」の現象を示している。
- 5° 各点で最大水平変位を生ずる時刻と、最大曲げモーメントを生ずる時刻とは、それぞれ異なっている。従って、煙突の如く、振動に敏感な構造物の耐震強度は、基本振動のみを論じて得られるものではないと思われる。

6° 換算水平震度は、従来の規定に比較して、非常に大きいことから、構造物の形状による水平震度の値を再検討し、現在の規定を細分化する必要が認められる。〔図-3〕
 7° 現在の段階では、30秒以上にわたって大きな振幅を示した大地震に対して、10秒までしか応答の解析をしていない。しかし、大振幅の波が、ほとんど、10秒以内に集中していること、減衰力を無視したことを考慮すれば、この地震に対して、これ以上大きな応答は予想しなくてもよいものと思われる。
 詳しくは、講演当日発表する。

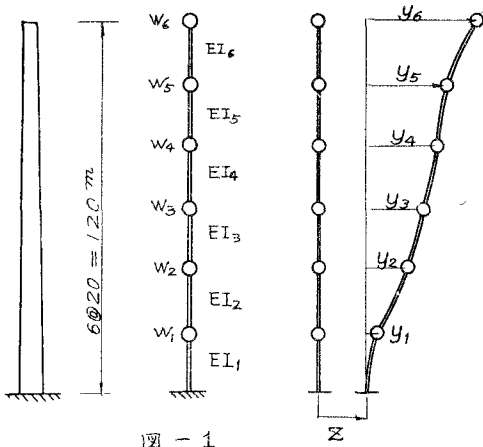


図-1

符号 i	高さ H (m)	直径 D (m)	断面2次モーメント I_i (m^4)	集積量 W_i (t)
6	120	6.90	1.395	46.90
5	100	7.50	2.330	95.73
4	80	8.10	3.835	117.75
3	60	8.70	5.875	149.65
2	40	9.30	8.510	176.13
1	20	9.90	12.100	215.70
0	0	10.50		

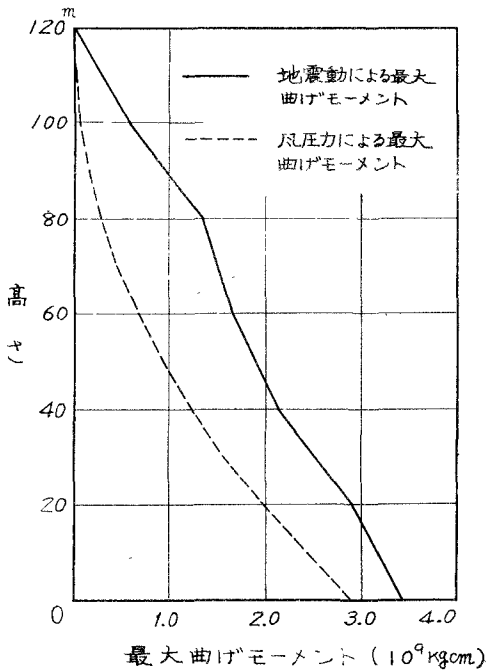


図-2

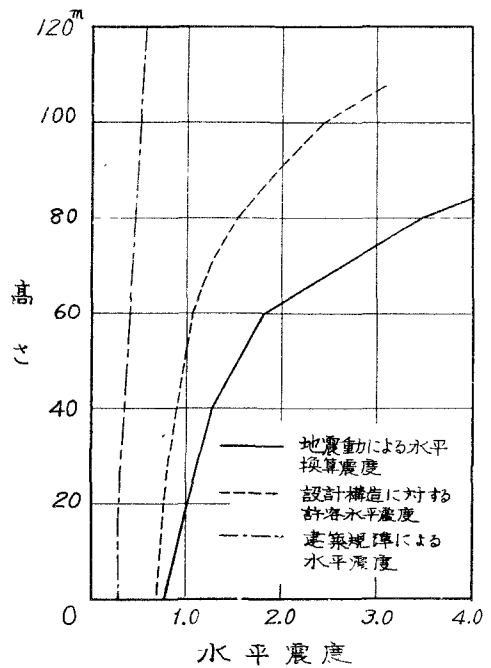


図-3