

コンスタント・ハンガの動特性試験

Vibration Characteristics of a Constant Hanger in Power Plants

重田 達也・井原 博・柴田 碧

Tatsuya Shigeta, Hiroshi Ihara and Heki Shibata

1. はしきき：火力発電所および重化学工場などのプラントに見られる大型配管を支持するのに定力つり手いわゆるコンスタント・ハンガ (constant hanger) が使われる。これは配管の熱膨張などによる変位に対して支持力が一定であることが望ましい場合に使われる。

最近、原子力発電所の問題を中心として配管の振動特性が必要な場合が多いが、つり手の動的特性についてはいまだ何も知られていない。そこで各種プラント内の配管の耐震設計の基本データとして、このつり手の動的特性を調べてみることにした。

2. コンスタント・ハンガの特徴と機構：このつり手は指定されたトラベル (管系の変位量) の範囲内で、管系の上下動に対してつねに指定された一定の荷重で配管を支持することができるよう設計されたリンク機構で、熱膨張などによる管系の変位の大きい所および過渡応力となるべく抑えたい箇所に主として使用される。

機構についてかんたんに述べると図1で荷重 W による、0 点周りのモーメントを M_w 、コイルばねの圧縮力による 0 点周りのモーメントを M_s とすると、

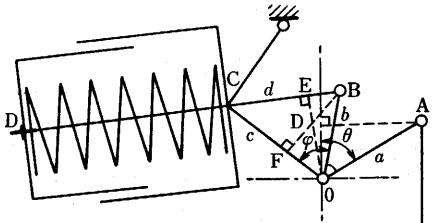


図1 コンスタント・ハンガ説明図

$$M_w = W_a \sin \theta \quad (1)$$

$$M_s = P \times OE = K\delta \times OE \quad (2)$$

となる。ここで P はコイルばねの圧縮力、 δ はばねのたわみ、 K はばね定数である。△OBC の関係から、つり手は重量 W と平衡しているから

$$W a \sin \theta = K\delta \frac{bc \sin \phi}{d} \quad (3)$$

ここで最初に $\theta = \phi$ になるように、O, A, B, C 点の配置を決めれば、A 点の位置いかにかわからずトラベルの全範囲にわたってつねに $\sin \phi / \sin \theta = 1$ が成立する。したがって式 (3) は

$$W = \frac{Kbc}{a} * \frac{\delta}{d} \quad (4)$$

となりトラベルが最高位置のとき $\delta = d$ に取っておけば

$$W = \frac{Kbc}{a} \quad (5)$$

となり、これはつねに一定である。

実際に実験に使用したつり手の特性は図2のようになっている。図1のDにあるねじにより、ばねの初期たわみを変化させると ϕ が変化し $\phi = \theta$ は成り立たず、コンスタント・ハンガとしての特性は近似的なものとなる一方、ある範囲で荷重 W が調整できるようになる。

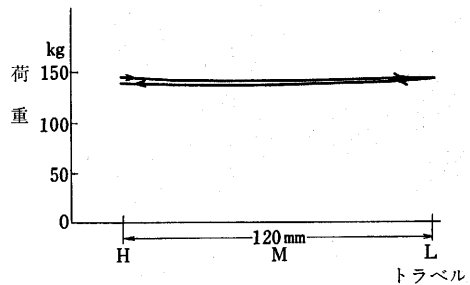


図2 コンスタント・ハンガ静特性

3. 振動試験装置：試験は、三和鉄軌工業(株)製のコンスタント・ハンガ CHS 3 型 (標準支持荷重 140 kg ± 10%, 最大トラベル 120 mm) を使用した。これは標準

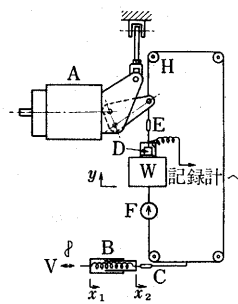


図3 振動試験ループ

型の一つではあるがもっとも小型なものである。本つり手は支持物の変位に対して支持力がほぼ一定のため、図3のようなループ系を作って、その一部をカム式加振機で強制変位を与えて試験を行なった。Aは被試験体、Wはつり手が実際に支持している配管に相当

する重錘、Bは加振機とループの間に挿入された円筒型計力ばね、Cはターンバックル、Dは振動記録計 (国際機械振動研究所製) の動電型ピックアップ、Eは張力調整用ターンバックル、Fはループ系に入っている張力計、Vは加振機 (伊藤精機製配管用) であり、ループは 3 mm 径のワイヤを使用している。加振機は一方方向に引張る形式のものなので、重錘の重量を 160~170 kg とし、つり手支持分 140 kg を減じた 20~30 kg が平均張力となるようにした。(図4写真参照)

研究速報

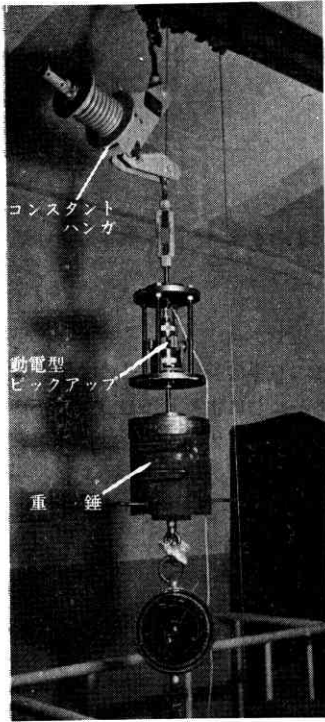


図4 実験ループ

この系はつり手が完全に定力特性を有するなら重錘Wと計力ばねBからなる一質点の振動系となるはずである。そこで一質点の振動系であると仮定し、重錘の加速度および計力ばねの両側の変位の振幅を測定した。後者については単純にその差をとって、それを計力ばねのばね定数を乗じ、力に換算した。これをここでは変動荷重とよんでいる。これは力学的には意味のあいまいな量であるが、一質点系についてその挙動を知るのはいか

んであり、実系がどの程度それからずれるかを検討するのに扱いやすいので使用した。

試験は加振振動数を 0~22 cps, 加振振幅をそれぞれ 2, 5, 8.75 mm の3種類について行なった。これの上限は加振機のヘッド加速度で制限されている。測定は図3に示すように、加振機の強制変位 x_1 , 計力ばねBのループ側変位 x_2 , および重錘Wの変位 y (加速度 α) を測定し kx で与えられる変動荷重と $(W/g)\alpha$ で与えられる慣性力を求めた。(ただし、 $x = |x_1 - x_2|$, k = 計力ばねばね定数, g = 重力加速度)

またこの系の減衰定数を求めるため、自由振動によってその減衰曲線をピックアップDで記録した。変位 y の測定にはダイヤルゲージ型振動変位計 (精度 1/10 mm) も併用した。

4. 解析結果: 図5は加振全振幅 8.75 mm のときの慣性力および変動荷重と振動数との関係を示すグラフであって代表的な形状をしている。

つり手におけるトラベルの量は H, M, L でおおよそ示されている。このおのおのを中点としての振動特性を比較すると、一部に慣性力曲線のピークがかなり高いものがある。しかし後述の減衰定数の測定では、このような現象は現われていない。これらの曲線を一質点系のそれと比較すると、A点付近では変動荷重曲線はゼロに近づくはずであるが実測はそうではない。これは静摩擦によ

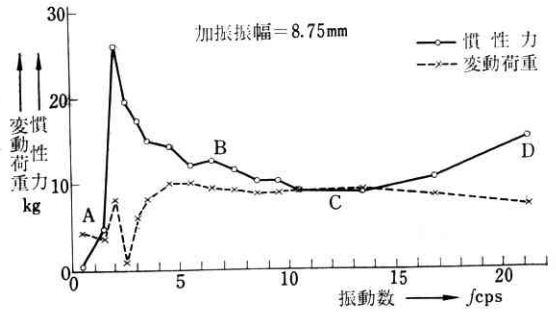


図5 慣性力曲線説明図

るものと考えられる。ピークの付近については両者が一致する。とくに減衰振動および一質点系として計算した固有振動数 ($f = 1.89$ cps) はほぼ完全に一致している。B点付近で寄生的なピークがいずれの場合も現われているが、3次分調波共振のような現象かと思われるが未検討である。C点付近で両曲線が一致している。これが高振動数領域まで続くはずであるが、D点付近でふたたび離れている。20 cps 以上になにか新しい現象があるかとも思われるが、これまた実験の範囲外で不明である。以上からの結論はコンスタント・ハンガは若干の固体摩擦を伴う減衰要素でばねとしてはほとんど影響がない。また付加質量 (重量にして約 10 kg と固有振動数変化より推定される) としても分担質量に比べれば、はなはだわずかである、ということになる。しかしながら振幅が小さくなるとかなりの非線型性を示す。(図6参照)

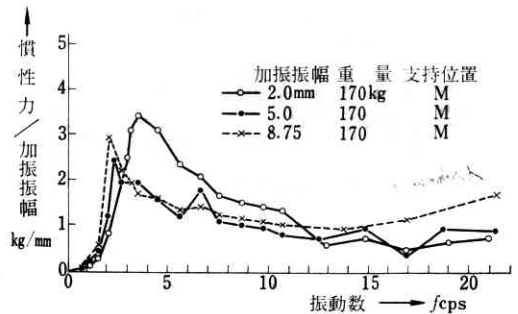


図6 慣性力曲線

つぎに減衰要素として、その定数を自由振動法によって求めた。初期変位, トラベル表示, 荷重などを変えた結果、とくに差があるデータはみられず平均値として 0.11 という値が得られた。強制加振実験で、振幅の差により共振状況がかなり異なったのがここで現われていないのは粘性減衰項について整理したからである。なおこの値には張力 30 kg を加えたループ系の減衰が含まれている。

5. 結論: この実験によりコンスタント・ハンガが配管の動特性に与える影響としては、減衰要素としてが第一であり、 (p.34 右段下へつづく)

研 究 速 報

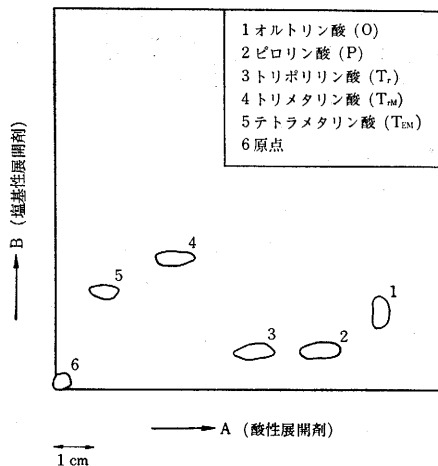


図 1 混 合 物

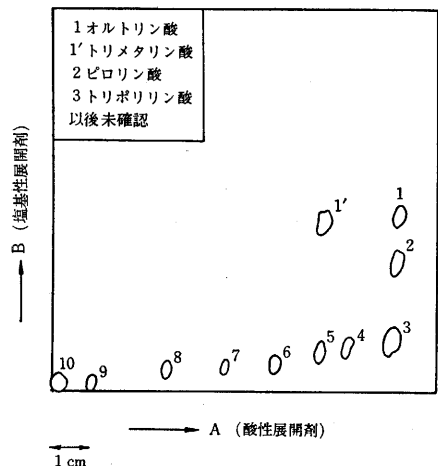


図 2 グレアム塩

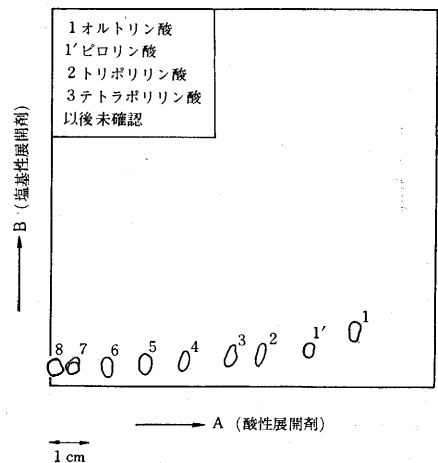


図 3 ポリリン酸

表 1 標準物質の Rf 値

	O	P	T _r	T _{rM}	T _{EM}	展開時間
酸性展開剤	0.81	0.64	0.46	0.22	0.06	12 分
塩基性展開剤	0.18	0.06	0.05	0.36	0.22	48 分

O: 正リン酸
 P: ピロリン酸
 T_r: トリポリリン酸
 T_{rM}: トリメタリン酸
 T_{EM}: テトラメタリン酸

く分離性もよいこともペーパークロマトグラフィと同様の傾向である。ただし、このような場合に上昇時間は少し長くなる傾向がある。

結合剤を含まないこのような微結晶性セルロースの薄層クロマトグラフィは、結合剤を含む薄層クロマトグラフィに比べて取扱時にはがれやすい欠点があり、特に発色後はガラス面よりはがれやすい。このような場合にジアゾ感光紙上に日光で感光させてから複写機で発色させた後に移動距離を実測すれば十分使用することができる。⁷⁾

この実験をするに当たり本所第四部、早野助教授、妹尾助教授に実験技術などで種々教示を得た。厚くお礼申し上げる。
 (1966 年 12 月 13 日受理)

参 考 文 献

- 1) L. T. Jones: Ind. End. chem. Anal. Ed. 14 536 (1942).
 R. N. Bell: Anal. Chem. 19 97 (1947), 24 1997 (1952).
- 2) J. Beukenkamp, W. Rieman and S. Lindenbaum: Anal. Chem. 26 505 (1954), 28 1497 (1956).
- 3) J. P. Ebel: Comp. Rend. 233 415 (1951), A. E. R. Westman and A. E. Scott: Nature 168 740 (1951).
- 4) J. Crowther: Anal. Chem. 26 1383 (1954).
- 5) E. Karl-Kroupa: ibid. 1091 (1956).
- 6) O. Pfrengle: Z. Anal. Chem. 158 81 (1957).
- 7) 飯田, 高井: 化学と工業 19 1558 (1966).

(p. 26 よりつづく)

他の二要素は第一近似としては考慮しなくてもよい。減衰定数は正規の荷重分に対してかなりの値を示しているが十分であるとはいえず、ダンパを付加するかあるいはワイヤ・ネットを主ばねにからませることによるなど、適当な減衰要素を付加することが望ましい。

最後に被実験体のコンスタント・ハンガを提供された三和鉄軌(株)、加振機を貸与された建築研究所中川研究室に厚くお礼申し上げます。
 (1967 年 1 月 10 日受理)

参 考 資 料

三和鉄軌工業(株)編: 管系支持装置, 220 pp. (1963).