

北大	正員	工学	渡辺	行
北大院	学生員	工務	〇花	藤 浩
北大院	学生員	工務	宮本	裕

1. まえがき

建設省土木研究所およびその他の研究室において吊橋並びに斜張橋の振動実験、解析を行っており、特に、建設省土木研究所では大規模な吊橋の模型をつくり振動実験、解析を行っている。そのためには大規模な実験設備と莫大な時間と労力が必要となる。

一方、我々は吊橋並びに斜張橋の基本的な振動問題に小規模な簡単な実験により、確かめ、更に基本的なものを積み重ねて塔のレスポンス解析をしようとするものである。即ち、塔の境界条件やザイルの角度、ザイルの取り付け場所などにより塔の周期や振動数などがどのように変化していくかを基本的な問題から積み重ねていくのが目的である。

今回は斜張橋の振動模型の一例として写真-1のようなものを考えて、ザイルの取り付け場所の位置による周期、振動数などの実測の実験方法と結果を紹介するものがある。

非常に簡単な模型設備と実験で基本的な振動問題に関してかなりのことが判明した。振動問題の基本的なものに対してこのような方法ができると思う。

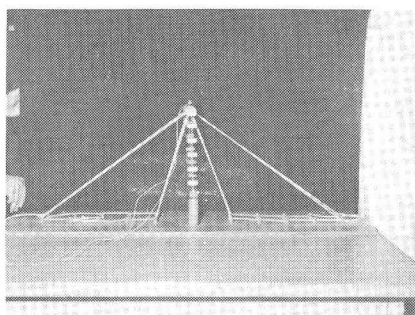
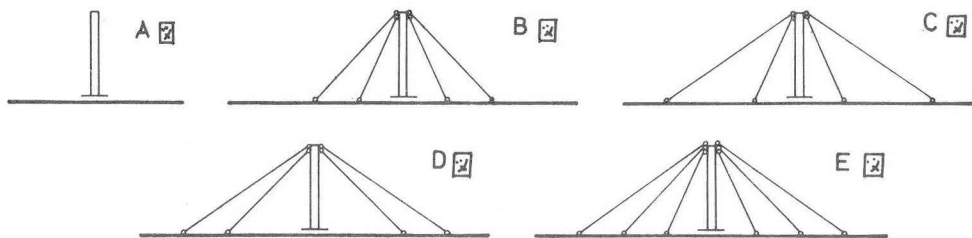


写真-1

2. 実験項目と考察

(1). ザイルの取り付け角度と塔頂部の水平バネ定数との関係 (塔の下端固定)



斜張橋はザイルの取り付け位置によりB図～E図などのように種々のものが考えられる。

A図はザイルがない場合で塔だけを示したものである。

今回はA図～E図のような斜角の異なるものの周期や振動数を実測した結果を紹介する。

塔の振動数などの測定に必要なのは塔頂部の水平バネ定数であるので、斜角の違いと塔頂部の水平バネ定数の違いに換算する。

実験による塔頂部の水平バネ定数の測定法は写真-2のようにして行った。写真-2のようにしてA図～E図までの塔頂部の水平バネ定数を求めると表-1のようになる。

斜 角	塔頂部の水平バネ定数(g/mm)
A 図	33.9
B 図	38.1
C 図	42.5
D 図	58.6
E 図	59.4

表-1

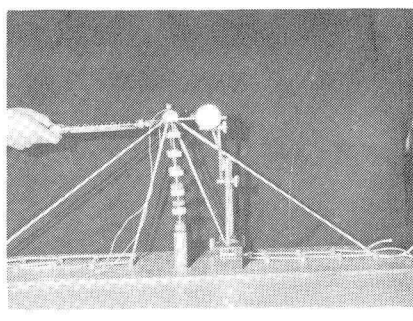


写真-2

なお塔を片持ち梁と見なしてA図～E図までの塔頂部の水平バネ定数は次式で求まる。

$$K_0 = \frac{1}{\frac{R^3}{3EI}}$$

$$K_2 = \frac{1}{\frac{R^3}{3EI} - \frac{1}{2} \left(\frac{2R^2}{3EI} \right)^2 \cdot \frac{1}{\frac{2R^2}{3EI} (R_1 \cos^2 \alpha_1 + R_2 \cos^2 \alpha_2) + 1}}$$

$$K_3 = \frac{1}{\frac{R^3}{3EI} - \frac{1}{2} \left(\frac{2R^2}{3EI} \right)^2 \cdot \frac{1}{\frac{2R^2}{3EI} (R_1 \cos^2 \alpha_1 + R_2 \cos^2 \alpha_2 + R_3 \cos^2 \alpha_3) + 1}}$$

K_0 はザイルがない場合。

K_2 はザイル2本ついている場合。

K_3 はザイル3本ついている場合。

桁とザイルのなす斜角と塔に注い方から $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$ とする。

R_1, R_2, R_3 はザイルのバネ定数。

(2) 塔頂部の水平バネ定数と塔の自由振動数との関係。

塔の自由振動数の求め方

最初に写真-1の塔の頂部に豆電球を取り付け、それが点光源になるように豆電球と暗箱を囲み、暗箱の正面中央に針穴をあげてから自由振動させ、アサヒペンシツプスとシャッター速度0.5秒にヒットし、カメラを一定速度で上下して暗室で撮影する。そうすれば点光源は左右往復運動をくり返すがカメラの上下によって、写真-3, 4などのように撮影することができる。このようにしてA図～E図までの斜角の違う斜張橋を自由振動させ撮影した。その一例を示すとA図の塔頂部における自由振動の撮影結果は写真-3のようであり、同様にC図の撮影結果は写真-4のようである。

写真-3, 4は0.5秒の間の点光源の往復運動を示しているが、周期は写真-3では約0.25秒、写真-4では約0.2秒と読み取る。

以上のようなことを繰り返して行くと、塔頂部の水平バネ定数と塔の自由振動数との間の関係は図-1のような傾向を示す。

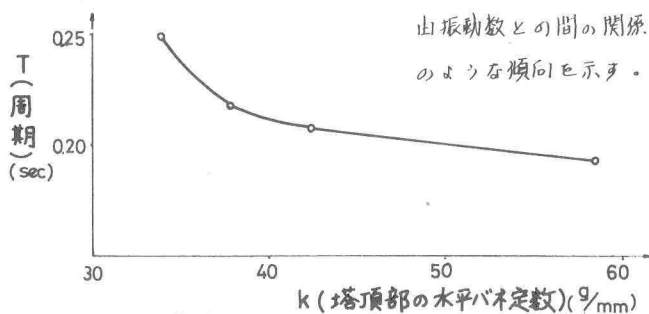


図-1

写真-3

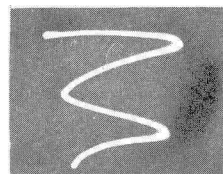
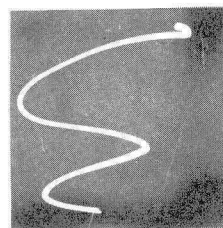


写真-4



3. ランダム振動台上における塔のレスポンスの実験と解析

次に斜張橋の振動用模型を北大に設置されているランダム振動台^{*}上にのせ、この振動台をゆすって塔のレスポンスの状態を調べた結果を紹介する。

振動用模型に上記と同様のものを振動台上にのせ、しっかりと固定させ、この振動台をゆすってみると、塔はザイルの取り付け位置により、またやすり方によってそれぞれ異った振動状態を示した。撮影方法その他においても自由振動の場合と同様である。

一例としてランダム振動台の最大変位(1mm)、最大加速度(0.1g)、振動数(4.8%)を一定にして、A図、B図、C図、D図、E図のそれぞれの斜張橋の塔の地震によるレスポンスをみると、それぞれ写真-5、写真-6、写真-7、写真-8、写真-9のようになる。これらの写真からわかるようにこの地震で一番共鳴するのはC図であり絶対変位が大きいことを示している。また共鳴に近い点では固有振動とほとんど同じ周期である。

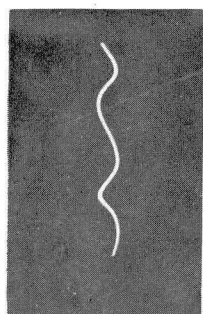


写真-5

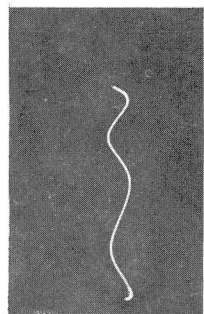
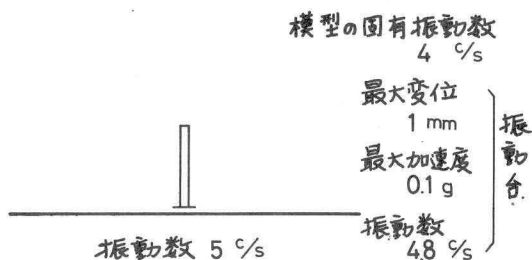


写真-6

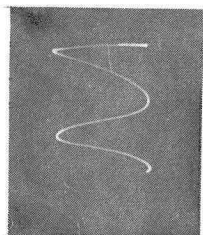
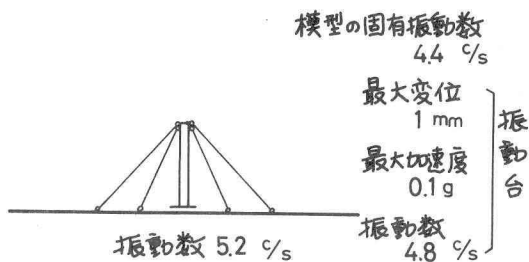
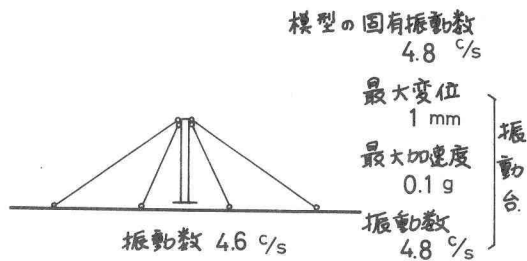


写真-7



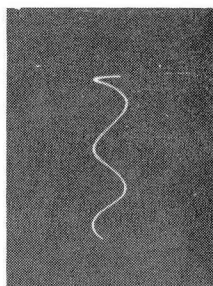


写真-8

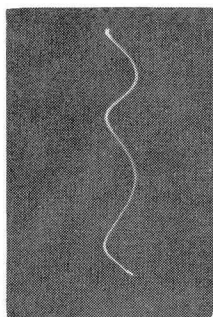
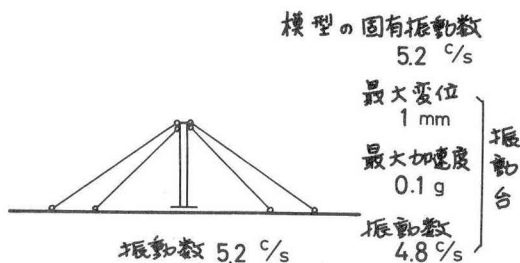
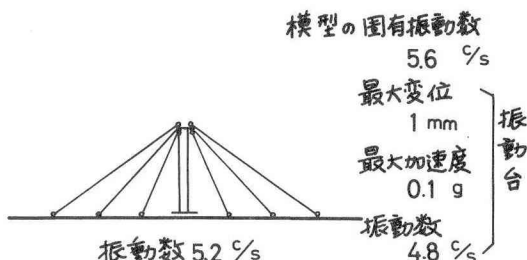


写真-9



従来の方法はビジュグラフを使用していたが、設置や操作が複雑であり、当研究室では最初に高速度カメラにより塔頂部の往復振動を撮影し解析としてみたが1秒間に1000コマの高速度なので幾種類もの実験を行うにはフィルム代がかかるので、第2の方法として上記のような普通のカメラによる撮影を行って実験解析とした。将来このような方法は非常に便利で安価であると思われる。

4. 塔の地震によるレスポンスの理論解析

当日発表する。なお次の論文参照。

坂田昇、多田和夫、川口雄常、金子彦吉：“デジタルコンピューターとアナログコンピューターによる多自由度系構造物の地震応答解析法について”

土木学会年次学術講演概要集，1968。

5. あとがき

一般に、この種の研究では、まず理論が先行し、その理論の結果を実験によって一つ一つ確認し、それを積み重ねながら大きな結論に導くという態度が望ましい。そのような場合、実験用模型が小規模でしか実験方法が単純明確であれば、考察がしやすく有効となる。本報告は、一寸した思いつきではあるが、この種の研究解析に対して、何か参考になれば幸いであると思つて発表する次第である。

* 明石動電形加振装置 水平振動台 AST-42形