

九州大学工学部 正員 小坪 清真
同 大学院 学生員 長野 清
同 同 同 荒牧 肇治

1. まえがき

最近、関門架橋や本州四国連絡橋等、長大な吊橋が計画され、建設されようとしている。この場合、スパンが長ければ長い程耐震設計が重要な問題となってくる。そこで、地震は橋台から外力として働き、橋桁に伝わっていくのであるから、吊橋の大きな橋台の固有周期というものが、どの程度わかる必要があるとなってくる。しかし、実際の橋台には橋桁が載っているし、ケーブルの張力が作用しているのだからこれらの影響を取り除かなければ、単に橋台上の常時微動から橋台の固有周期を求めることは困難であろうと思われる。

そこで、本論は若戸大橋の戸畑側について、橋台下、橋台上、橋上、(ケーブルの周期は実験的に測定が困難なので、本実験では測定していない)の3個所で、常時微動を測定し、橋台上の結果から橋桁の影響と思われるものを除く事により、橋台の固有周期を求めた実験報告である。

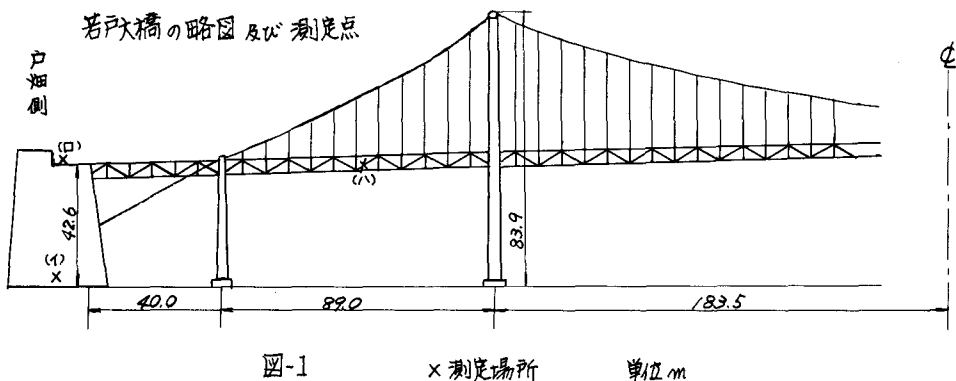
2. 実験の概要

i. 測定場所

実験は福岡県北九州市にある若戸大橋の戸畑側橋台で行った。測定場所は、(1)橋台下部、(2)橋台上、(3)橋上、の3個所(図-1の×印)で、測定方向は、水平方向 (a)橋軸方向、(b)橋軸直角方向)、(c)上下方向、の3方向に測定した。若戸大橋の概略が(図-1)である。

ii. 使用器具

- (a). 速度型換振器 (勝島製作所、固有周期0.3サイクル、感度 $2V/g_{rms}$) 上下1個、水平2個
- (b). 積分増中器 (勝島製作所、積分特性 0.7~50%)
- (c). 増中器 (横河電業、感度 40 dbmax)
- (d). 電磁オシログラフ (共和電業)
- (e). データレコーダー (TEAC-R-200)



iii. 測定方法

測定した時刻は、車の通過の少ない、午前2時～4時の間、車の走っている時をみはからって、速度とそれを一度積分した変位を、それがれる方向同時に3回づつ、40～50 sec、電磁オシログラフ記録した。

1回目の測定の時、相当風が強かったので、風の無い日に2回目の測定を、橋台上と、橋上の2箇所で行ったが、この時はデータレコーダーに記録した。

3. 測定結果と解析

図-2(a)は橋台上の常時微動 R(t) の測定記録例である。上下方向は変位が極めて小さく、ここでは、他の測点のものも全て無視した。

記録は 0.05 sec おきに読みとり、自己相関の数 R(t)、パワースペクトル密度 S(ω)、を計算した。

記録を x(t) とすれば、自己相関の数及びパワースペクトル密度は次式で表わされる。

< > は時間平均である。

$$R(t) = \langle x(t) \cdot x(t+\tau) \rangle$$

$$S(\omega) = 4 \int_0^{\infty} R(\tau) \cos \omega \tau \cdot d\tau$$

図-2(b) は、図-2(a) の記録から上式を使って計算した自己相関の数であるが、橋台上の橋軸方向の固有周期は 0.3 sec、橋軸直角方向は 0.2 sec

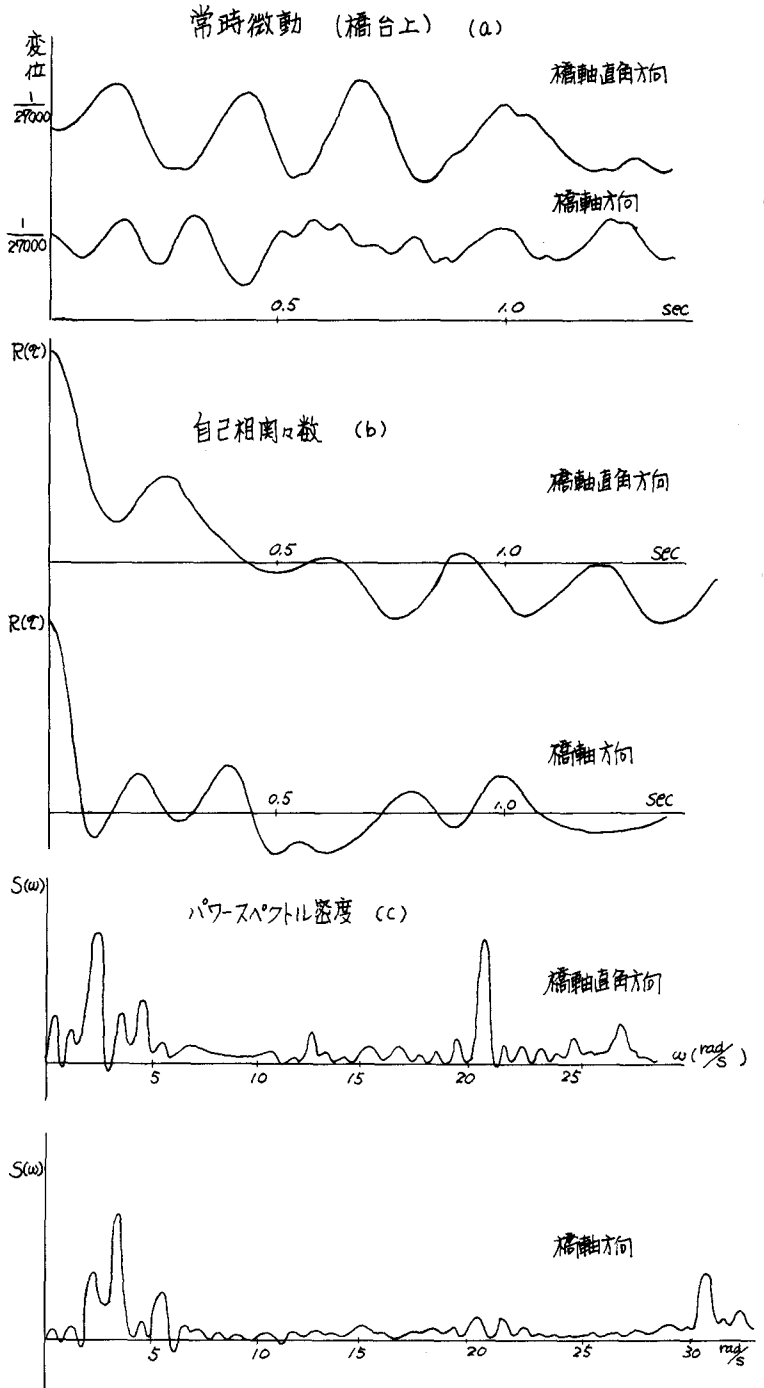


図-2

程度である。変位の記録には $1/4$ sec 程度の大きな周期があるが、これは、速度でとった記録にはないことから、積分器の性能によるものではないかと思われる。

従って、速度で記録した方が、ある程度変位に比べて雑音は多いけれども良いように思える。

図-2(c) は上記の自己相関関数よりパワースペクトル密度を求めたものである。これに、 $2 \sim 5 \text{ rad/s}$ の付近にピークがあるのは、前述の積分器の特性の部分である。オ1のピークが、橋軸直角では $\omega = 21 \text{ rad/s}$ 、橋軸方向では $\omega = 26 \sim 27 \text{ rad/s}$ にある。これが橋台の固有周期で、自己相関関数より推定されたものにほぼ等しい。

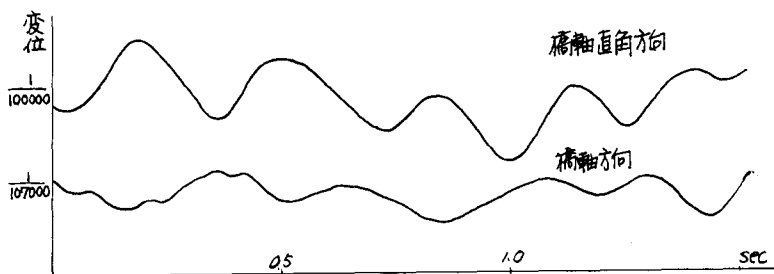
一方、自己相関関数から推定してもよいといえる。

一方、橋台下の常時微動の変位(図-3(a))は、橋台上の変位に比べて、約 $1/4 \sim 1/5$ 程度である。また、橋軸

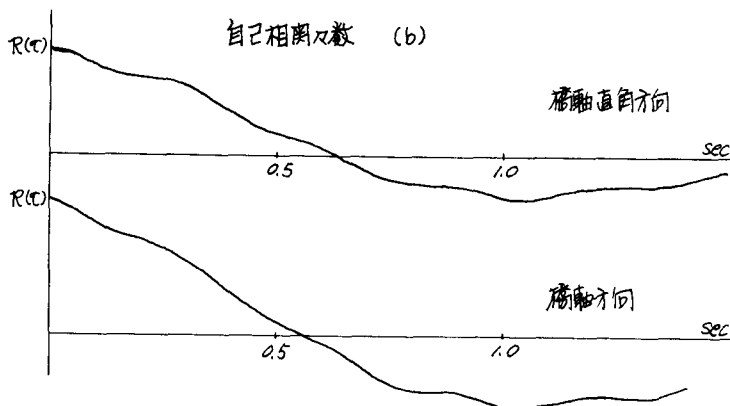
方向の成位が橋軸直角方向に比べて小さい。橋台上における振中と橋台下における振中から考えて、橋台の並進運動は小さいことが分る。図-3(b)の自己相関関数は積分器の特性がほとんどであり、図-3(c)のパワースペクトル密度にもそれだけ出てくる。

次に、橋上であるが、図-4(a) から推察すると、橋軸直角方向も、橋軸方向も $T = 0.5 \sim 0.8 \text{ sec}$ で、図-4(c)にも、 $\omega = 10 \text{ rad/s}$ あたりにピークがでてくる。橋軸方向で $\omega = 2 \text{ rad/s}$ あたりにピークがあるが、これも積分器によるものと思われる。この記録は風の強い日であったため、橋上での測定には相当の影響があると思われるので、後日、風の少ない日にやりなおした。その結果は、オ1回目の結果とほぼ同じであった。結局、橋桁の固有周期は $0.5 \sim 0.6 \text{ sec}$ で、橋台上での固有周期の約2倍とびつてい

常時微動 (橋台下) (a)



自己相関関数 (b)



パワースペクトル密度 (c)

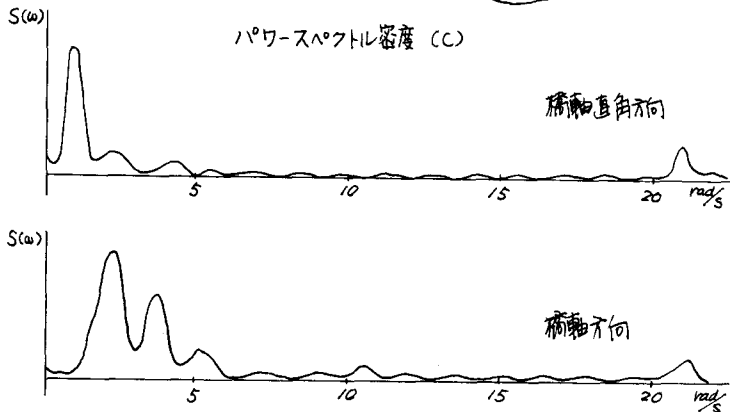


図 - 3

る。この事から、橋台は、橋脚からほとんど影響されずにいるという事が分る。

3. 子とめ

結局、吊橋における橋台の固有周期は橋脚からの強制力を全く考えずに、直接橋台上に換振器を置くことにより、求められたいと思われる。

ただし、ケーブルによる影響であるが、これは橋台内に埋め込まれているけれども、橋台のマスが非常に大きいという事から、無視出来るのではないかとと思う。

そして、若戸大橋の橋台の固有周期は $T=0.25 \sim 0.3 \text{ sec}$ でオーダー的に他の吊橋の参考になると思う。

この実験が、今後の実験などの参考になれば幸いである。

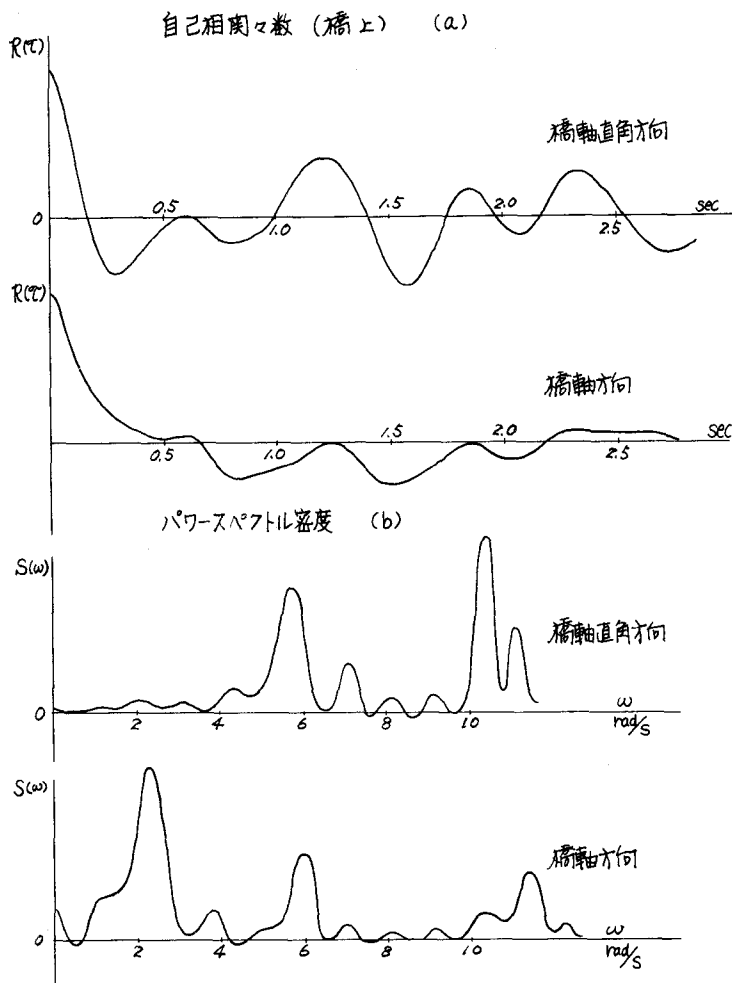


図-4

参考文献

堀川 明 『ランダム変動の解析』