

橋軸方向の地震に対する吊橋の耐震性

東京大学生産技術研究所

久保慶三郎

本論文は橋軸方向の水平地震動に対する吊橋の耐震設計、および吊橋の上下方向の振動特性について研究したもので、橋軸に直角方向については地震よりも颱風の風圧から吊橋の諸寸法が決められるであろうと考えた。

論文は次の6章から成立っている。

1. まえがき
2. 耐震理論
3. 模型実験
4. 吊橋の減衰常数の実測
5. 小型吊橋の減衰性状
6. あとがき

吊橋の耐震設計は多くの場合振動学的研究よりも静力学的計算法によつてなされてきた。すなわち荷重に震度を乗じたものを地表荷重とした。しかしながら吊橋のように減衰常数が小さく、かつ固有振動周期の明確な構造物は共振の可能性があり振動学的にその耐震性を検討する必要があると考え、本論文では振動学的研究結果を述べた。

周期的外力を受けるとき、基礎部から導入されるエネルギーと橋に妨らく減衰力により失われるエネルギーとが等しいとして、共振時の塔頂の振巾 Δ 、中央全向の橋の最大振巾 b を理論的に求めた結果

$$\Delta = \frac{16\omega^2 \ell a}{\pi^2 \pi^2 H \omega^2} \left\{ \frac{3EI_0}{R^3} + \frac{1}{\frac{L}{EcAc} + \frac{\omega^2 \ell^3}{H\omega^2} \left\{ \frac{1}{12} - \frac{1}{m^2} \left(1 - \frac{2}{m} \tanh \frac{m}{2} \right) \right\}} \right\}$$

$$P_c \left(2 + \frac{L}{EcAc} \left\{ \frac{3EI_0}{R^3} + \frac{1}{\frac{L}{EcAc} + \frac{\omega^2 \ell^3}{H\omega^2} \left\{ \frac{1}{12} - \frac{1}{m^2} \left(1 - \frac{2}{m} \tanh \frac{m}{2} \right) \right\}} \right\} \right)^2$$

$$b = -\frac{\pi \pi H \omega \Delta}{2 \omega \ell} \left(2 + \left\{ \frac{3EI_0}{R^3} + \frac{1}{\frac{L}{EcAc} + \frac{\omega^2 \ell^3}{H\omega^2} \left\{ \frac{1}{12} - \frac{1}{m^2} \left(1 - \frac{2}{m} \tanh \frac{m}{2} \right) \right\}} \right\} \frac{L}{EcAc} \right)$$

で与えられることが明かにされた。しかしながら地震は永劫に続くものではなく、数波で終息するものであるから、その地震波の数を N とすると、その波に成長する振巾は $1 - e^{-2\pi N b}$ で与えられるので、上に求めた式にこの係数を乗じておく必要がある。この係にして求めた振巾が吊橋の許容される振巾より小さくなれば、吊橋は地震に対して安全であるといいうるであろう。

以上の理論式の妥当性を検討するために、若戸橋の百分の一の模型を作つた。実物との相似は振動の mode, 振動数のみ同一になるようにし、たわみ、応力については理論式によつて実物と模型とを関連づけるようにした。使用した吊橋の上下方向の振動数方程式は

逆対称に対して $\frac{m}{2}\sqrt{x-1} = 2\pi$

対称に対して $\frac{m}{\sqrt{2}}\sqrt{x} - \frac{x+1}{\sqrt{x-1}} \tan \frac{\mu}{2} - \frac{x-1}{\sqrt{x+1}} \tanh \frac{\nu}{2} - \frac{m^3 H \omega^2}{32\sqrt{2} \omega l f} \frac{L}{A_c E_c} x(x^2-1) = 0$

である。

模型の減衰常数も実測した結果、塔頂の振巾、中央空洞の最大振巾はともに実験値と理論値が一致することが判明した。なお模型実験の結果、対称1次振動の振動の形は $y = b \sin^2 \frac{\pi x}{e}$ とするとよく実際にあることがわかつたので、対称の1次に対しては理論式を改訂した。

実物の吊橋の減衰常数の値は耐震性を検討するときに重要な問題であるが、これについての研究はあまりなされておらず、スパン、振巾、振動数等と減衰常数との関係は詳でなかつたので、100m以上の吊橋7橋について実測した。その結果は減衰常数は振動次数にあまり関係なく、大体 0.004 ~ 0.006 位の値であることが明かにされた。実測した吊橋の橋名、諸寸法については本報告で述べる。

寄居橋について振動振巾と減衰常数とを調べた結果では、殆んど振巾とは無関係であることが判明した。

吊橋の減衰性状を明かにするために、スパン10mの小型吊橋を架設し、自重、支点の摩擦、Hanger-tension等の影響を調べた。また補剛桁としては2I-200×100×7の場合と2I-100×50×5の場合とについて実験した。その結果は加振方法によつて減衰常数の値が変化するか、共振右の自由減衰振動から測定した減衰常数は振巾とはあまり関係ないようで、支点摩擦もローラー支承の時はあまり影響ない。

地震波を単弦振動としている点は種々問題があるが現地の強震記録がない現在においてその地桌に架設される吊橋の耐震性はやはり単弦振動によらざるをえないが、そのときの振動数、振巾のとり方については才1に振動数は吊橋の固有振動数とし、振巾は速度一定の理論から推定した。また地震波の数Nは既往の地震を参照してきめた。

上下振動については解析中である。