

1-58 鋼構造継手による振動減衰に関する研究

○ 京都大学工学部 正員 山田 善一
阪神高速道路公団 正員 和田 昶治

1. 概説

構造物の振動減衰性状は、その動力性状を決定する重要なパラメーターの一つであり、構造物の耐震性、耐風性、衝撃係数の決定などに欠かせるべき要素である。従来減衰性状そのものが非常に複雑であるために、その正確な予測は困難とされ、主として実在構造物における現地実験の結果を参考として決められてきた。(かかる実在構造物における実験では、振幅がごく小振幅に過ぎられており、減衰性状そのものについては局所的な見方にとまり、構造減衰の最も重要な性質である振幅に対する特性がほとんど考慮されないう。構造物の設計に対して必要な合理的な値を得るためには、減衰の原因の個々に対して、さらに詳細に検討する必要がある、これらを統合したものとて減衰性状を記述すべきものとする。すべての原因が考慮されなくとも、少なくとも下限値を得ることは可能である。

本研究は、構造減衰に関する研究の第一歩として、まず鋼構造内部のエネルギー消散の定量的に最も大きいと考えられる、摩擦継手におけるエネルギー消散について考察したもので、摩擦による関係を理論と実験から、振動速度との関係を、主として実験から求めたものである。

2 継手の摩擦によるエネルギー消散

構造物の摩擦継手が、外力の作用を受ける場合、継手の一部においてスリヤが生じ、このスリヤに生ずる範囲は外力の大きさにより異なることは、高強度ボルト継手に対する折などの実験から知られている。たとえば、図-1のような桁の中央点に添接板をもつ単純梁が、添接板の位置でモーメントをくりかえしうける場合には、1サイクルにわたる消散エネルギーは

$$\Delta W = \frac{8}{EI} \left[\frac{2\lambda^2 M^3}{3(1+\lambda)^2 \delta_m h} + \delta_m h \left\{ \frac{2(1+\lambda)\delta_m h e^3}{3} - e^2 M - \frac{2(1+\lambda)\delta_m h e + M}{3} \left(e - \frac{M}{(1+\lambda)\delta_m h} \right)^2 \right\} \right]$$

ここに $\lambda = 2I/Ah^2$,

$\delta_m = \mu p$ (p : 添圧力, μ : 摩擦係数) である。

トラス構造のように引張り、圧縮を受ける場合も、本質的には式(1)と同様の形で与えられる。式(1)から明らかのように、このような継手から失われるエネルギーは、

近似的に $\Delta W \propto (\text{外力})^3$, あるいは $\Delta W \propto (\text{振幅})^3$ ときいてよい。(われわれの鋼構造減衰としてあつかっているものは、 $\Delta W \propto (\text{振幅})^2$, ワーレン減衰では $\Delta W \propto (\text{振幅})$ であり、継手の減衰はこれらいずれよりも高次のものであることが明らかにされる。)

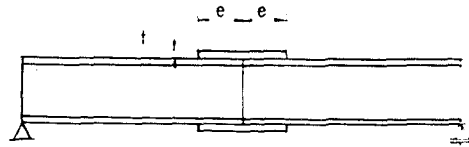


図-1

3. 減衰の計算例.

いま一例として、図-1の梁で、 $l=10m$, $e=500mm$, $h=1000mm$, $t=20mm$, $I=56 \times 10^8 cm^4$, $\gamma_m = 3600 kg/cm$, $E = 2.1 \times 10^6 kg/cm^2$ とし、 n 次振動の振動モードを、近似的に、 $y = y_0 \sin(n\pi x/l)$ と仮定して減衰常数 β を計算すると、継手が中央にある場合(図-1)に対して、図-2(a)が、継手が $l/3$ 点と $2l/3$ 点の2箇所にある場合に対して、図-2(b)の線がえられる。これらの線は $\Delta W \propto \sigma^3$, $\pi \propto \pi^2$, $\rho \propto \Delta W/W$ の関係から β に対してほぼ直線的に変化する。継手の位置が特別の場合にあるとき、各モードの線が同一の線に表わされる。図に示されているものに対する計算上はすべて0とする。また、この減衰と振動次数の関係がモード位置により異なる様子が明らかになる。また応力振幅と、減衰常数の関係は、スパン約10mのボルト締めトラスで、継手をもちいた単一桁について、半因運動荷に付した実験結果を、図-2(c), (d)に示す。

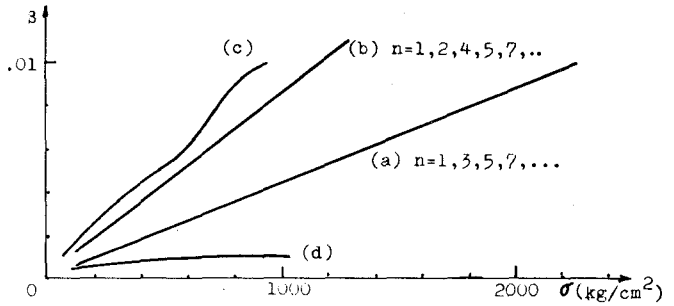


図-2.

十 実験結果とその考察
減衰エネルギーに及ぶ締付力の影響、振幅の関係、振動速度との関係を実験から明らかにするもの、図-1に示す高強度ボルト継手をもつ片持梁について、減衰自由振動の実験を行う。この実験から減衰常数を求めた。振動速度の影響を求めたために、梁の上に重さの異なる重錘をとりつず、振動数を、2.76, 2.33, 2.15, 3.24, 4.08, 6.35 cycles/sec. に変化させて測定した。また同時に継手をもたない単位についても同様の測定を行なった。

十 実験結果とその考察

減衰エネルギーに及ぶ締付力の影響、振幅の関係、振動速度との関係を実験から明らかにするもの、図-1に示す高強度ボルト継手をもつ片持梁について、減衰自由振動の実験を行う。この実験から減衰常数を求めた。振動速度の影響を求めたために、梁の上に重さの異なる重錘をとりつず、振動数を、2.76, 2.33, 2.15, 3.24, 4.08, 6.35 cycles/sec. に変化させて測定した。また同時に継手をもたない単位についても同様の測定を行なった。

締付トルクと減衰常数との関係は、図-4に示すとおりで、おのりの変化が見られ、それぞれの線は振幅に対してほぼ直線的に増大している。振動数の影響は、単体ではほとんど認められるが、継手の減衰は若干認められる。しかし速度は割型ほど大きくはない。(図-5)。図-5(a), (b)の各グループは、上から振動数 6.35, 3.24, 2.06 cycles/sec. に対するものである。

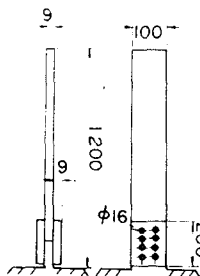


図-3

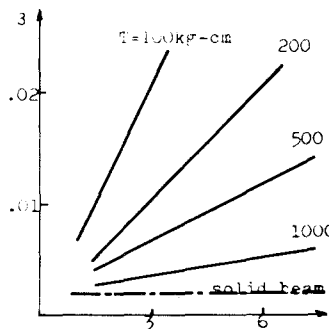


図-4

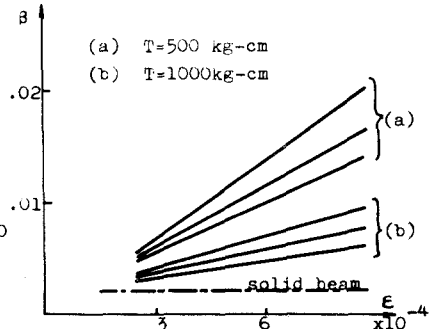


図-5