

中央大学理工学部 正員 片山 恒雄

Energy Balance法。粘性減衰を受ける単純な線型系が定常な共振状態にあるとき、1サイクルに消散されるエネルギー ΔW は

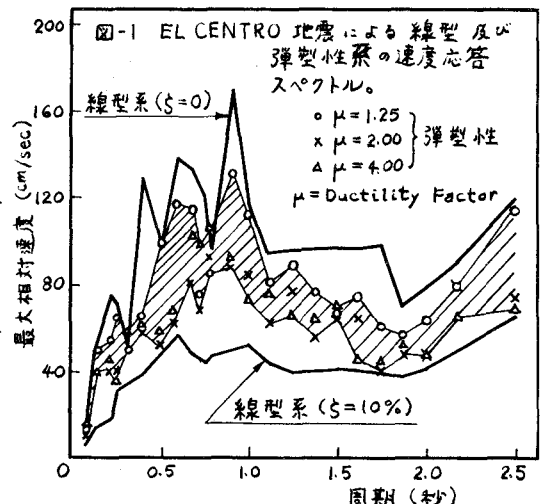
$$\Delta W = 2\pi k \xi x_m^2 \quad (1)$$

であたえられる。ここで k はバネ常数、 x_m は定常な共振振中、 ξ は減衰係数である。 k が変位と共に減少するような系 (Softening type) では、初期のバネ常数 k とすれば、等価減衰係数 ξ_{eq} は ΔW と x_m を知って、(1) 式で計算できる。この方法を Energy Balance 法と呼ぶ⁽¹⁾。また上述の振動状態において、1 サイクル内で蓄えられる最大の歪エネルギーを W とすれば、(2) 式の関係が得られる。

$$\Delta W / W = 4\pi\xi \quad (2)$$

非線型系では W として何をとりかについては、Jacobsen⁽²⁾ が Backbone 曲線なる概念を提案しており、これを用いて等価減衰係数を (2) 式で求めることもできる。

Hudson⁽¹⁾ 及び Jennings⁽³⁾ は Softening type の系について、Energy Balance 法で定めた等価粘性減衰を用いて得られた定常共振振中が厳密な数値積分による値と非常によく一致を示すことを確かめ、一般に Backbone 曲線法は過大な減衰値をあたえたと報告している。Softening type の系が地震動のような外力を受けるときの応答については、Hudson が Jennings の計算結果を用いて、粘性減衰を有する線型系の速度応答スペクトルと非線型系のそれとを比較した⁽¹⁾。その結果、Ductility Factor で 2~4 の最大変位に対しては、平均して 4% 位の等価減衰係数が適当で、これは共振状態について (1) 式から得



られる値の $1/3$ 程度であると推断している。この Hudson の考え方はきわめて現実的なものと思われたので、Veletsos⁽⁴⁾ の計算結果について同様の比較を試みた。その 1 例を図-1 に示す。これからは非弾性変形に伴う地震時の減衰はそれほど大きくなく、等価減衰係数にして 4% 程度であろうという Hudson の考えが、かなり妥当なものであることがわかる。

継手の減衰。図-2 に示されるようなリベット、高張力ボルト、溶接継手に荷重振中を漸増させながら引張・圧縮の静的な繰返し荷重を加え、継手部分における伸縮を測定した。実験は板部材で行なったが、I 型ばりの両フランジなどは、主としてこのような軸力を受けるものと考えられよう。いま、図-2 の継手を含む部材の全長を L 、継手部分の長さを L_j 、部材の軸力に対する剛性を EA とし、実験結果から、1 サイクル中の消散エネルギー ΔW および継手における伸縮量 x_j が荷重振中 F の関数として

$$\Delta W = f(F), \quad x_j = g(F)$$

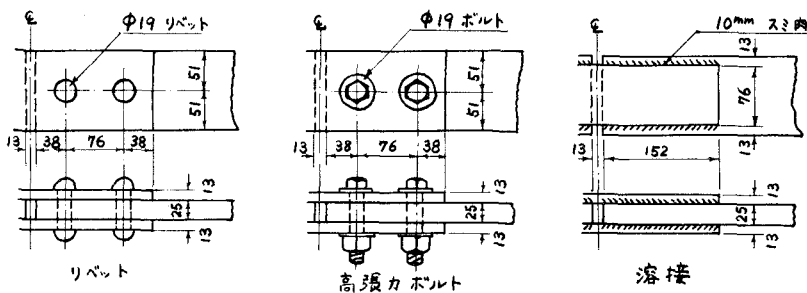


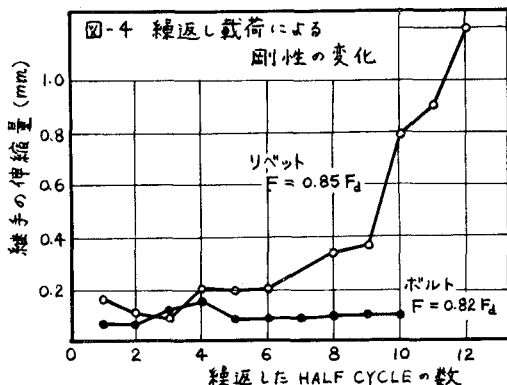
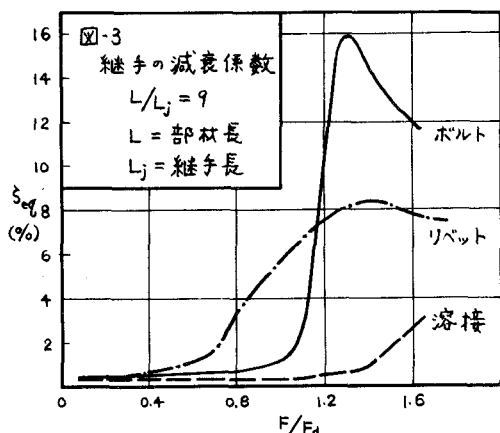
図-2 実験した継手

で表わされるとすれば、(1)式から等価減衰係数 S_{eq} は

$$S_{eq} = \frac{f(F) \cdot L}{2\pi AE \left\{ g(F) + \frac{(L-L_j)F}{AE} \right\}^2} \quad (3)$$

となる。式(3)から求められた減衰係数を F_d の関数として図-3に示した。ここに F_d は継手の設計荷重であり、部材の全長が 270cm (すなわち継手長 30cm の 9 倍) の場合についての S_{eq} が示されている。

図-3 から、設計荷重の 70% 程度の荷重振中において、リベットで 2%、高張力ボルトで 1%、溶接で 0.5% 位の減衰係数の値が得られていることがわかる。また F_d が 1 以上の場合には、リベットで最大 8%、ボルトで 16% 位の減衰係数となるが、溶接における右上りの曲線は母材自身の降伏によるものである。またリベット継手では、設計荷重の 70% 位からすでに減衰値に相当の上昇が見られる。仮に Hudson の考えに従い、地震時の有効減衰値が上記の値の $1/3$ 程度と考えれば、図-3 に示した場合について設計荷重以上の荷重振中が生ずるような地震動では、ボルト継手、リベット継手に対し 3~5% 位の減衰係数が得られることがわかる。



さて、このように継手の非弾性変形による減衰があまり大きくないとするれば、地震時に数回の大きな繰返し荷重を受けた場合の継手の剛性変化の方が重要な因子となる可能性がある。たとえば設計荷重の 80% 位の荷重振中をあたえたときに、リベット継手の伸縮量が少数の繰返しで急増するようすと図-4 に示して参考とする。

[参考文献] (1) Proc. 3rd WCEE, (2) Proc. 2nd WCEE, (3) Proc. 3rd WCEE, (4) Proc. 2nd WCEE.