

I-662

サンドイッチばりのロスファクターに与える支持条件の影響

山口大学工学部 正員○麻生稔彦
山口大学工学部 正員 會田忠義
日産建設(株) 伊藤健二

1. はじめに

構造部材の減衰性能の向上を目的として、拘束せん断層を用いたサンドイッチばりが実用に供されている。しかし、サンドイッチばりのロスファクターに与える支持条件の影響については明確にされていない点も多い。そこで、本研究では拘束せん断層を有するサンドイッチばりの支持条件および拘束せん断層の設置位置がロスファクターに与える影響を検討した。

2. ロスファクターの解法

拘束せん断層を有するサンドイッチばりの概要を図-1に示す。①は高さ H_1 、長さ L の基本ばりであり任意の支持条件を持つものとする。②、③はそれぞれ高さ H_2 、 H_3 のせん断層および拘束層であり、基本ばりの左端より a の位置におかれ長さはいずれも p_a である。また、基本ばり、拘束層のヤング率を E_1 、 E_3 、せん断層のせん断弾性係数を G 、せん断層の材料損失係数を β とし、各層の幅

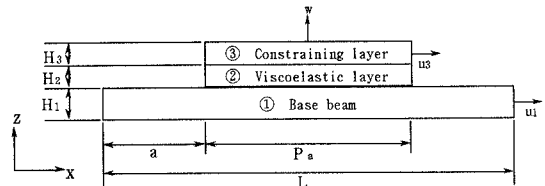


図-1 解析モデル

は B で同一とする。解析にあたっては次の仮定を設ける。(1) せん断層のヤング率小さく、せん断層の軸力の分担は無視しうるほど小さい。(2) 3つの層の z 方向変位 w は等しい。(3) 各層の断面は変形後も平面が保持される。図-1に示したはりのロスファクター η ($\delta = \pi\eta$, δ : 対数減衰率) は1周期中にせん断層が消費するエネルギーと、1周期中の全ひずみエネルギーの比として次式で与えられる。

$$\eta = \Delta E / 2\pi E \quad (1)$$

ここで、

$$\Delta E = 2\pi \left[\frac{1}{2} B G \beta H_2 \int_a^b |y|^2 dx \right] \quad b = a + p_a \quad (2)$$

$$E = \frac{1}{2} E_3 B H_3 \int_a^b \left| \frac{\partial u_3}{\partial x} \right|^2 dx + \frac{1}{2} E_1 B H_1 \int_0^L \left| \frac{\partial u_1}{\partial x} \right|^2 dx + \frac{1}{2} \frac{E_3 B H_3^3}{12} \int_a^b \left(\frac{\partial^2 w}{\partial x^2} \right)^2 dx + \frac{1}{2} \frac{E_1 B H_1^3}{12} \int_0^L \left(\frac{\partial^2 w}{\partial x^2} \right)^2 dx + \frac{1}{2} G B H_2 \int_a^b |y|^2 dx \quad (3)$$

(1) を用いてロスファクターを求めるためには、(2)、(3) 中のはりの z 方向変位 w 、基本ばりの軸方向変位 u_1 、拘束層の軸方向変位 u_3 およびせん断層のせん断ひずみ γ が必要となる。いま、基本ばりの n 次の振動モードを次式で仮定する。

$$w = A_1 \sin \lambda_n x + A_2 \cos \lambda_n x + A_3 \sinh \lambda_n x + A_4 \cosh \lambda_n x \quad (4)$$

ここで、 $A_1 \sim A_4$ および λ_n : はりの支持条件、振動次数により定まる定数

(4) を用いることにより、サンドイッチ部分の力の釣り合いおよび平面保持の仮定により u_1 、 u_3 、 γ は次式で与えられる。

$$u_1 = -\frac{E_3 H_3}{E_1 H_1} u_3 \quad u_3 = C_1 \cosh R x + C_2 \sinh R x + X_1 \sin \lambda_n x + X_2 \cos \lambda_n x + X_3 \sinh \lambda_n x + X_4 \cosh \lambda_n x \quad (5)$$

$$\gamma = \frac{1}{H_2} \left[u_3 - u_1 + \left(\frac{H_1}{2} + H_2 + \frac{H_3}{2} \right) \frac{\partial w}{\partial x} \right] \quad (6)$$

ここで、 $R = \frac{G}{H_2} \left(\frac{1}{E_3 H_3} + \frac{1}{E_1 H_1} \right)$ C_1 、 C_2 : 拘束層の両端で軸力が0となる境界条件より定まる定数、

$X_1 \sim X_4$: はりの支持条件、振動次数により定まる定数

以上により図-1のロスファクターが得られる。

3. 解析結果

先に示した解析法を用いてロスファクターに与えるはりの支持条件と拘束せん断層の設置位置の影響につ

いて検討した。解析モデルの概要を表－1に示す。表－1のモデルについて支持条件をピン－ピンおよび固定－固定とした場合の解析をおこなった。粘弾性層が基本ばりを覆う割合（被覆率 ξ ）を変化させロスファクター η を求めた結果を図－2に示す。ここでは各支持条件とも左端より徐々に被覆し、最終的にはり全体を覆う（ $\xi=1$ ）ように ξ を変化させ η を求めた。図－2より支持条件、振動次数によらず、 ξ が0.2以下では η は非常に小さく、その後の ξ の増加につれ η も増加していることがわかる。特にいずれのばりについても1次振動の η が大きくなっている。また、支持条件で比較すると、両端単純支持で支持した場合の1次振動における η が非常に大きい。したがって、 η は支持条件、振動次数、被覆率により大きく変化することが明かとなった。この結果より高いロスファクターを得るための最適な被覆位置があるものと考え、被覆率を $\xi=0.2$ とし、被覆位置を左端より右端まで移動させたときの各被覆位置におけるロスファクターを1次振動について図－3に示す。図－3の横軸は左端よりせん断層中央までの距離をはりの長さで除した値 ξ である。この結果よりロスファクター η は $\xi=0.5$ の点を中心として左右対称となっている。このことはばり中央に対して同じ位置を被覆すると、同じ η が得られることを示している。これは両端単純支持のように左右とも同じ支持条件であれば、振動モードは左右対称あるいは左右逆対称であるためと考えられる。また、図－3の結果を（4）で仮定した振動モードと比較すると、基本ばりの曲げ曲率の大きな位置を被覆した場合に η が大きくなっている。これは曲げ変形の大きな位置では基本ばりと拘束層の伸びの違いにより、粘弾性層に大きなせん断ひずみが生じるためと考えられる。ここで、拘束せん断層を持つサンドイッチ構造では拘束層は基本ばりに比べて薄いものと仮定されている。そこで、基本ばりを全長に渡って被覆（ $\xi=1$ ）し拘束層厚 H_3 を変化させた場合のロスファクターを図－4に示す。図－4より支持条件、振動次数によらず $H_3/H_1=0.6$ 付近でロスファクター η が極大となっていることがわかる。これは拘束層を厚くしていくと拘束層における曲げひずみエネルギーが大きくなるため（1）の分母が大きくなり、このために η が小さくなるものと考えられる。

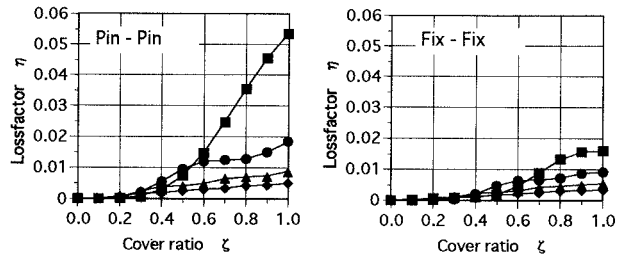
4. おわりに
今回の解析により拘束せん断層を有するサンドイッチばりのロスファクターは支持条件と拘束せん断層の設置位置に大きく影響されることが明らかとなった。

＜参考文献＞

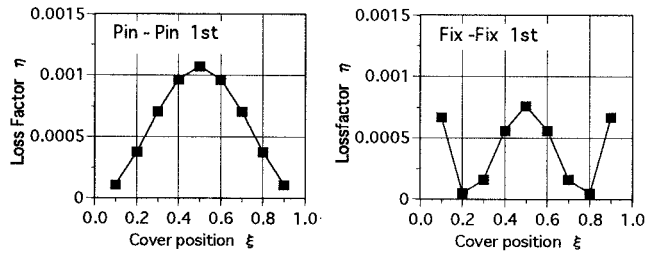
Lall, A. K. et. al. : Damping analysis of partially covered sandwich beams, J. Sound and Vibration Vol. 123 No. 2, pp. 247-259, 1988

表－1 解析モデル諸元

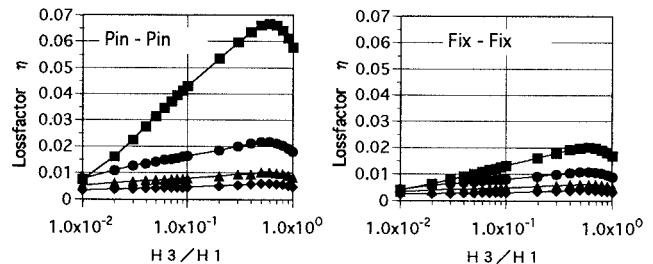
基本ばりの長さ L (m)	2.0
基本ばりの厚さ H_1 (m)	0.010
せん断層の厚さ H_2 (m)	0.005
拘束層の厚さ H_3 (m)	0.002
基本ばりのヤング率 E_1 (Pa)	2.06×10^{11}
拘束層のヤング率 E_3 (Pa)	2.06×10^{11}
せん断層のせん断弾性係数 G (Pa)	4.90×10^5
せん断層の材料損失係数	0.30



図－2 支持条件の影響



図－3 被覆位置の影響



図－4 拘束層厚の影響