振動減衰効果にすぐれた制振鋼板「バイブレス」

佐々木 雄 貞*

1. 制振鋼板「バイブレス」の特長

制振鋼板「バイブレス」は、2枚の鋼板の間に30～50 μm のきわめて薄い粘弾性高分子材料をサンドイッチした構成で、振動エネルギーを吸収・減衰させる制振性能をきわめて高くしたばかりでなく、プレス成形性を普通鋼板並みに改良した騒音防止用複合鋼板(制振材料)である。

2. 制振鋼板「バイブレス」の開発

機械・装置などの低騒音化は、年々厳しくなる環境騒音の規制や労働環境改善の騒音基準に必要なだけでなく、商品価値を左右する要因ともなっているため、非常に重要な技術課題である。

騒音防止上、発生騒音を伝達経路で遮断する空気伝搬音対策とは別に、音源対策が可能なら技術的・経済的にも非常に有利となるため、騒音の発生原因となる振動を吸収できる性能の高い制振材料の開発が切望されている。

こうした背景のなかで、機械・装置などの構造部材として多量・広範囲に使用されている鋼板・鋼材は、強度・じん性や成形加工性などにはきわめてすぐれているが、制振性能が小さく振動により騒音を発生しやすいという問題がある。

鋼板自身の制振性能(内部摩擦と同意)を高める研究も盛んに行われているが、現状ではその性能レベルが低く、一般的な騒音防止に役立つ性能レベルに高めるためには、高分子材料との複合にたよらざるを得ない。複合化の方法として、鋼板に高分子材料を貼り合わせた高分子/鋼板の2層構造も考えられるが、その場合には高分子材料の厚さを鋼板厚さの数倍にしないと高い制振性能が得られないほか、施工性・耐久性または重量増加(4～10 kg/m^2)などで問題を生じやすい。これに対して、「バイブレス」のようなサンドイッチ形(拘束型ダンピング構造と称す)では、粘弾性高分子材料を非常に薄くしても、他の制振材料に比しきわめて大きな制振性能を有するものである。

制振鋼板「バイブレス」のようなサンドイッチ形では、曲げ振動にともなう粘弾性高分子材料のずり変形が制振性能を発揮するため、技術的には使用する高分子材料の粘弾性特性と界面効果を生む鋼板との接着性が重要である。実用的にはこのほか、構造部材を兼ね得るよう普通鋼板の有する強度・成形加工性をなるべく損わない構成とか、入手しやすく、かつ燃焼しても安全な高分子材料の使用なども考慮しなければならない。

制振性能は通常損失係数(loss factor)で表示される。図1に「バイブレス」の損失係数と温度との関係を示すが、高分子材料を使用しているため温度による影響が大きいので、損失係数がピーク値を示す温度の異なる常温用(−10～55 $^{\circ}\text{C}$)、高温用(50～115 $^{\circ}\text{C}$)と2種類の制振鋼板を製造している。常温用は室温近傍における一般的使用を、高温用は自動車エンジン回り部品、たとえばオイルパンへの適用を想定したものである。

図1 制振鋼板「バイブレス」の制振性能。

損失係数は温度に依存するので、損失係数ピーク値とともに実効のある温度幅も重要な特性である。「バイブレス」は温度幅を拡大するため数多くの研究を行い、損失係数0.1以上の実効温度幅を60 $^{\circ}\text{C}$ 以上とすることができたものである。実効温度幅が重要な例は、自動車でのエンジン暖機運転から巡航運転ないし異常な温度上昇時までの騒音防止を考えれば明らかである。

「バイブレス」の損失係数はきわめて大きいので、定常振動のほか衝撃・打撃による振動・騒音抑制効果と空気音に対する(コインシデンス効果を抑止するので)遮音性能にもすぐれていることはもちろんである。

用途的に、「バイブレス」は機械・装置などの部材に

* 新日本製鉄株式会社製品技術研究所課長研究員
High Damping Composite Steel Sheet-VIBLESS ;
Takesada Sasaki (Nippon Steel Corporation)
1979年1月8日受理

そのまま用いて、振動エネルギーを吸収・減衰させ騒音を低減させることを狙いとして開発した材料であり、構造部材としての機械的性質や成形加工性が普通鋼板と同等であることが望ましい。

しかし、「バイプレス」は2枚の鋼板を粘弾性高分子材料で接着しているため、接着剤使用の場合に比し鋼板同士の接着性は低い。たとえば 20°C でせん断引張強さは常温で 3.6 kg/cm²、高温で 27 kg/cm² 程度である。高分子材料は制振性能を高めるために使われているため、鋼板同士の接着性に主眼を置いたものではないためである。このため「バイプレス」は全厚さが同じ普通鋼板と全く同等の機械的性質や成形加工性を有するわけにはいかない。

表1に JIS 規格の SPCE 材とこれより製造した「バイプレス」の引張試験結果を示すが、引張強さや降伏点、全伸び、 n 値(局部伸びを示すパラメータ)、 r 値(塑性異方性を示すパラメータ)などの機械的性質は通常の普通鋼板とほぼ同等である。しかし、断面2次モーメントに比例する曲げねじり、座屈強度や動的剛性は低下する。普通鋼板と同等の座屈強度を確保するには計算上「バイ

表1 制振鋼板「バイプレス」の機械的性質。

鋼板種別	方向	引張強さ (kg/mm ²)	降 伏 点 (kg/mm ²)	全伸び (%)	n 値	r 値
冷延鋼板 (0.6 mm)	L	30.9	15.3	46.4	0.24	2.23
	C	30.0	16.0	45.0	0.22	2.51
	X	31.9	16.6	36.0	0.22	1.51
冷延鋼板 (比較材) (1.2 mm)	L	31.0	15.0	48.8	0.23	1.92
	C	30.6	16.0	46.8	0.23	2.35
	X	32.5	16.2	42.2	0.22	1.23
制 振 鋼 板 バイプレス (0.6/0.03 /0.6 mm)	L	30.0	15.0	48.4	0.23	1.92
	C	29.5	14.0	45.0	0.23	2.23
	X	31.3	14.0	41.4	0.22	1.19

図2 円筒深絞り成形試験結果、制振鋼板厚さは(0.6/0.03/0.6 mm)。(試験条件…ポンチ径: 100 mm, ダイス径: 104 mm, 潤滑油: 防錆油, プレス速度: 40 mm/min)

プレス」の全厚を普通鋼板の1.59倍にする必要がある。

また成形加工上重要なプレス成形性は、中間層の粘弾性高分子材料の特性とプレス条件によって左右される。「バイプレス」では塑性流動性の小さい粘弾性高分子材料を使用することにより、普通鋼板と同程度の限界絞り比が得られるようにしている。

図2に、表1に示す材料を使用した円筒深絞り成形試験結果を示すが、限界絞り比は普通鋼板と同等であるものの、しわ発生限界、破断限界を示すしわ押え力が高くなるので、しわ押え力を普通鋼板のときより高くしなければならぬ。なお同図には、機械的性質と損失係数ピーク値が「バイプレス」と同等で、中間層の粘弾性高分子材料の塑性流動性のみを大にした制振鋼板(20°Cにおけるせん断引張強さは1.0 kg/cm²に低下する)の測定結果も併記しているが、限界絞り比は低下してしまう。

制振鋼板「バイプレス」の特徴をまとめると次のとおり。(1)「バイプレス」はきわめて高い制振性能を有する複合鋼板であり、機械・装置などの構成部材を兼ねる。(2)中間層の粘弾性高分子材料の厚さは鋼板厚に無関係に30~50 μmと非常に薄い。(3)粘弾性高分子材料を用いると一般に温度変化が著しくなるが、「バイプレス」ではより広い温度領域で高い制振性能を有する。(4)「バイプレス」に使用している高分子材料は、温度上昇による流動性が小で200°C程度まで耐熱性があるので、長期使用で中間層が流出したりしないし、また焼付塗装などの後処理も可能。(5)プレス成形性としての限界絞り比は普通鋼板と同程度である。しわ押え力を高くすることによって普通鋼板程度のプレス成形加工が可能である。(6)使用する鋼板は限定されたものでなく、耐食性が必要なら表面処理鋼板を、強度が必要な場合は高張力鋼板をというように、使用条件に応じた鋼板選択ができる。

3. 用途と実績

制振鋼板「バイプレス」は制振性能がきわめて高い構造部材であるので、大型構造物から精密機械にいたる広い分野の部材に使用して、騒音・振動防止をはかる用途に使用される。

たとえば、大型構造物関連では鉄鉱石荷おろし用ホッパーのライナー、鉄道橋覆板、自動車関連ではエンジン回り部材、電機関連では変圧器用防音カバーなど、鋼板を使用すれば騒音を発生しやすい種々の部材への利用検討が進められている。そのほか、振動防止効果を上げているケースとして、レーザ装置の防振台の利用がある。

今後、社会的要請から騒音・振動規制が強化される方向にあり、制振鋼板は材料面で有力な手段となるものと考えられる。制振鋼板「バイプレス」は複合材料としてほぼ完成されているが、高分子材料との複合鋼板であるため成形法や溶接法に工夫をする必要もあり、制振鋼板を使いこなす利用技術の開発・確立が望まれる。