

I-31

面内に圧縮荷重を受けるサンドイッチ板の座屈強度に関する実験的研究

早稲田大学大学院 学生員 ○森山 卓郎
 新日本製鐵 杉山 崇
 早稲田大学理工学部 正 員 依田 照彦

1. はじめに 本研究は、サンドイッチ板の土木分野への適用を目的として、面内圧縮荷重を受けるサンドイッチ板の座屈強度を座屈実験および理論解析をもとに検討したものである。まず、種々の心材、板厚構成を有するサンドイッチ板について座屈試験を行い、それらの座屈挙動を観察した。次に、接着層のせん断変形を考慮した座屈強度推定式を誘導し、実験結果と比較することにより、その妥当性を検証した。

2. 実験方法 実験用供試体の寸法は 270×50 (mm)

であり、一枚板として厚さ1mmの純アルミニウム板、サンドイッチ板として、表面材(Facing)に純アルミニウム板、心材(Core)にそれぞれ剛性の異なる樹脂、鉛および純アルミニウム板を用いた(Fig. 1)。これらの材料を用い、全厚がほぼ1mmとなるような板厚構成を持つ供試体を作成した。Table 1に、各供試体の心材の種類、およびその板厚構成(t_1 - t_2 - t_1)を示す。なお、表面材と心材は、接着剤を用いて一様に接着させた。そして、供試体の上下両端を10mmづつ固定し、側面的一方を2本のシリンダーにより単純支持し、もう一方を自由の支持条件なるよう治具に取り付けた後アムスラー型圧縮試験機により、各シリーズ3体ずつ、座屈試験に供した(Fig. 2)。このとき、供試体表面の上端から、80および170mmの位置の表裏4ヶ所にひずみゲージを貼り付け、また、供試体の中央部分の表裏にダイヤルゲージを取り付け、試験中の各荷重レベルにおいて、ひずみと水平方向変位を測定した。

3. 実験結果 樹脂、鉛、および純アルミニウム板を心材としたときの座屈応力の実験値 σ_{cr} を、純アルミニウム一枚板の座屈応力 σ_{cr0} で無次元化した結果をFig. 3に示す。ここに、理論曲線は次のようにして求めた。まず、Fig. 1に示す材料定数を有するサンドイッチ板について、接着層および心材のせん断剛性を考慮に入れたときの単位幅当たりの座屈荷重を考える。心材と接着層の3層を厚さ $t_2' (=2t_a + t_2)$ の1層とみなし、全体で3層のサンドイッチ板として考えた後、心材と接着層も含めた5層とした場合の座屈荷重 P_{cr} を考えた^{1), 2)}。そして、一枚板の座屈荷重 P_{cr0} から両者の座屈応力の比 σ_{cr}/σ_{cr0} と表面材と心材の剛性の比 G_2/E_1' の関係を、サンドイッチ板と一枚板の板厚が等しいとして、各供試

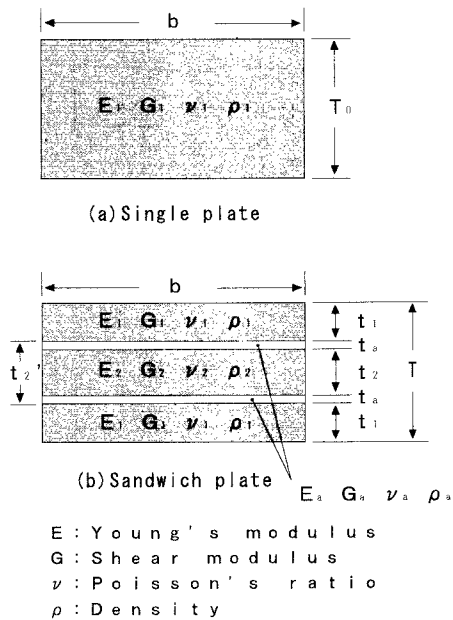


Fig. 1 Cross section of specimen

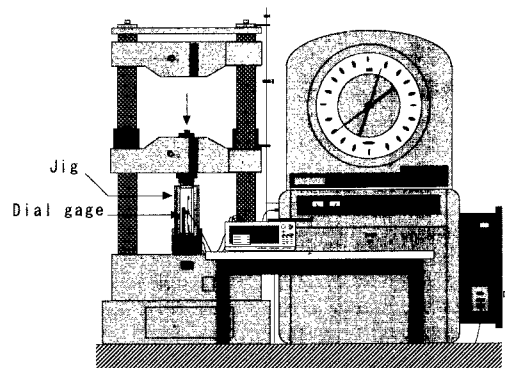


Fig. 2 Schematic diagram of testing method

Table 1 Property of specimens

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
Facing: $2t_1$ (mm)	—	0.8	0.6	0.4	0.6	0.4	0.8	0.6	0.4
Core: t_2 (mm)	—	0.2	0.3	0.5	0.3	0.5	0.2	0.3	0.5
Core Material	—	PVC	PVC	PVC	Pb	Pb	Al	Al	Al

PVC: Polyvinylchloride, Pb: Lead, Al: Aluminum

体の表面材の厚さを、 $2t_1=0.8, 0.6, 0.4\text{mm}$ と変化させて、座屈強度推定式として導いた。Fig. 3から、心材が樹脂の場合には座屈強度推定式による曲線よりも実験値の σ_{cr}/σ_{cr0} は大きく低下していることがわかる。これは、心材のせん断弾性係数が極めて小さいために、心材が、容易にせん断変形し、表面材と心材が一体とならず、表面材だけが単独に座屈したためと思われる。一方、心材が鉛およびアルミニウムの場合には、樹脂の場合よりも実験値 σ_{cr}/σ_{cr0} は座屈強度推定式に近づくものの、推定式よりは若干低下していることがわかる。これは、表面材と心材の間に存在する接着層が大きく影響したものと考えられる。接着層のヤング率およびせん断弾性係数は、アルミニウムの値と比較すれば、無視できるオーダーであり、値としてはそれぞれゴムに近く、サンドイッチ板は表面材と心材の間にゴムをはさんだ状態になっていると考えられる。心材がアルミニウム板のときも、実験値は、推定式よりも低下しており、塗りむらなどにより空隙などが生じ、接着層は完全な板状にはなっていないと考えられる。それゆえ、表面材と心材がばね定数の異なるいくつかのばねにより連結され、表面材—心材—表面材の3層がある程度独立して挙動する状態に近くなったと考えられる (Fig. 4)。

4. 結論 サンドイッチ板の座屈強度を、接着層を考慮した座屈強度推定式および実験との両面から検討した結果、以下のことが明らかになった。1) サンドイッチ板の座屈強度を向上させるためには、表面材と心材のヤング率を近づけることが望ましく、心材のヤング率が小さい場合でも、心材のせん断弾性係数を大きくすることの効果は大きい。2) サンドイッチ板を製作する際、接着層としては、塗りむらなどによる空隙を無くし均質な板状にし、できる限りせん断変形が生じない成分を用いるのが望ましい。

参考文献

- 1) 植村：サンドイッチ構造の安定強度、日本機械学会誌、Vol. 71 No. 593、pp. 10-18、1968。
- 2) 林：軽構造の理論とその応用（下）、日科技連出版社、1966

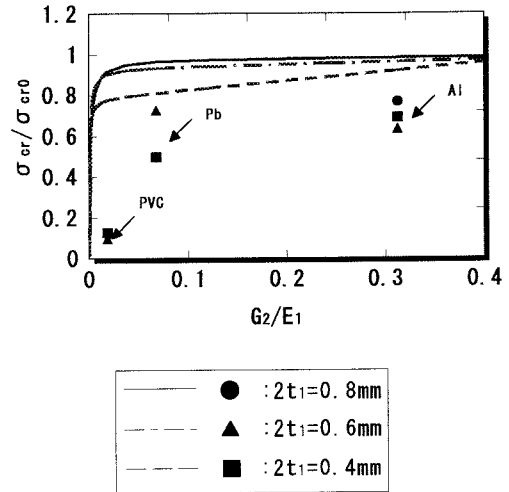
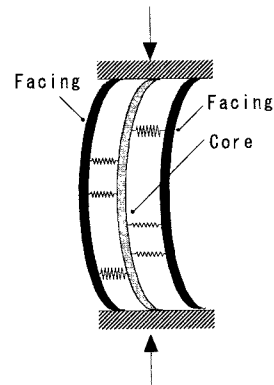
Fig. 3 Comparison of experimental and theoretical values σ_{cr}/σ_{cr0} 

Fig. 4 Buckling behavior of sandwich plates