

鋼リブ垂直挿入サンドウィッチ集成材はりの曲げ終局強度

秋田大学 フェロ - 薄木征三、 秋田県立大学 正員 佐々木貴信
 秋田大学 正員 後藤文彦、 秋田大学 学正員 Lajos Kiss

1. まえがき

通常のスンドウィッチ梁は、core 材と呼ばれる梁の上下面に face 材が接着されており、core 材はせん断に対して、face 材は曲げに対して抵抗するものと考えられている。鋼製二重殻の空隙にコンクリ - トを充填した鋼・コンクリ - ト合成スンドウィッチ構造などが代表的な構造の一つであろう。木材ラミナを接着積層して製作される集成材梁の破壊は、曲げ引張り縁の劇的な脆性破壊によるものである。圧縮縁側はわずかに塑性化するが、荷重 - 変位関係は破壊時までほとんど直線的といってよい。すなわち構造材としてはねばりもしくは延展性に欠けているのである。そこで集成材梁の上下面に垂直にスリット（溝）加工し、これにエポキシ樹脂を満した後、鋼平リブを挿入接着して一種のスンドウィッチ構造とする。これによって梁が一挙に脆性破壊するのを防ごうとするものである。

2. 二材料の弾塑性特性

右図 - 1 に鋼と集成材の応力 - ひずみ関係の概念図を示す。鋼材は引張りおよび圧縮に対して完全弾塑性体、集成材は圧縮に対して完全弾塑性体、引張りに対して脆性体とする。しかし後者の曲げ強度に対しては前述のように、曲げ強度 $s_{y,w}$ に達した瞬間に引張り縁で脆性破壊するものと見なす。 $s_{y,s}$ は鋼の降伏点である。

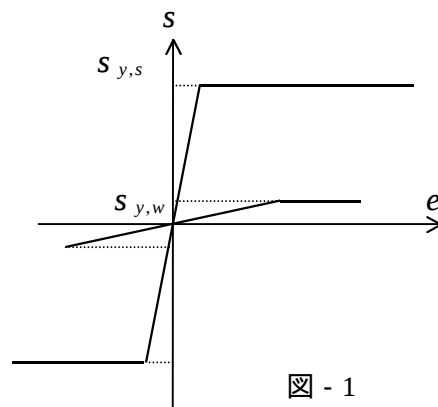


図 - 1

3. 降伏点、リブ全塑性および終局モ - メント

図 - 2 の左端に二軸対称梁断面を示す。図において集成材の寸法は $h \times b$ 、リブのそれは $h_s \times t_s$ である。

断面内の部材軸方向ひずみ e_x は、梁理論の仮定から図のように直線分布とする。すると集成材、リブ共に弾性域にある場合は、鋼・コンクリ - ト合成梁と同様に、断面内の曲げ応力度は集成材、リブそれぞれに対して

$$s_w = \frac{M}{I_v} y \quad (1)$$

$$s_s = n \frac{M}{I_v} y \quad (2)$$

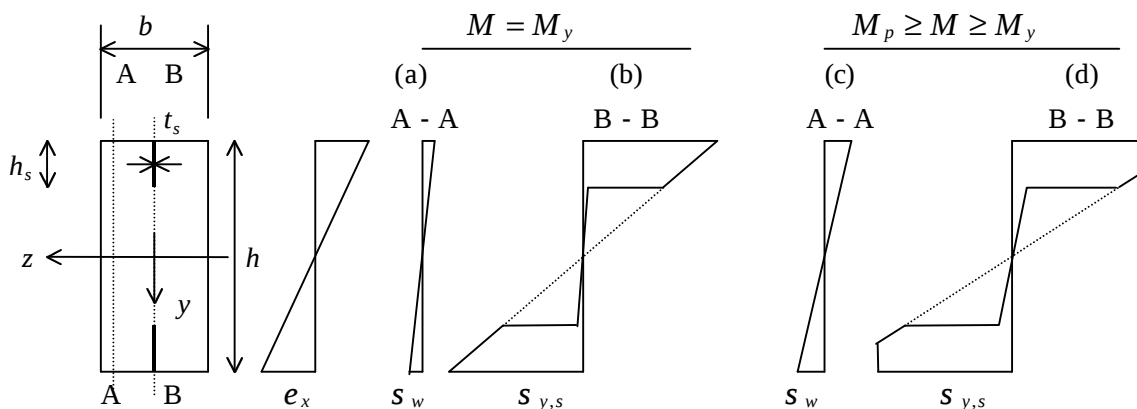


図 - 2

キ - ワ - ド：集成材、リブ鋼板、スンドウィッチ梁、降伏モ - メント、終局モ - メント

連絡先：010 - 8502 秋田市手形学園町 1 - 1 ・ TEL018-889-2357 ・ FAX018-837-0407

ここで $n = E_s / E_w$ は、鋼リブと集成材のヤング係数比、 I_v は集成材換算断面二次モーメント、 M は曲げモーメントである。図 - 2 (b)のように、リブ上下縁が降伏点応力 $s_{y,s}$ に達した時の、集成材上下縁の応力度（同図(a)）は、式(1),(2)より

$$s_w = \frac{s_{y,s}}{n} \tag{3}$$

となる。降伏点として使用頻度の高い $s_{y,s} = 2400$ (SS400) ~ 3600 kgf/cm^2 (SMA490W)を想定し、集成材としてやはり高使用頻度のベイマツ(E120 - F330)およびスギ(E75 - F240)を想定すると（ E はヤング係数、 F は曲げ強度で共に tf/cm^2 ）、 $n=17.5 \sim 28$ にある。上式右辺にこれらの値を入れると、 s_w は常に曲げ強度以下にある。つまり、鋼リブが降伏点に達したときは、集成材は弾性状態にある。この降伏点モーメントを図 - 2 のように M_y と記す。

さらにモーメントを増加させてゆくと、図 - 2 (d)のようにリブの降伏領域が梁内部に進行してゆくのは、鋼梁と類似である。比 h_s / h の値にも依存するが、通常用いられる断面ではリブが全断面降伏しても集成材は弾性状態にある（同図(c)）。このモーメントをリブ全塑性モーメント M_p と記す。

全塑性モーメント M_p に達した後は、リブの受け持つモーメントは増加しないが、集成材は弾性状態なのでさらにモーメントの増加に耐え、ついには上下縁が曲げ強度（上記の例ではベイマツ $s_{y,w} = 330 \text{ tf/cm}^2$ 、スギ 240 tf/cm^2 ）に到達し、脆性破壊を起こす終局モーメント M_u に至る。

表 - 1 サンドウィッチ梁緒元	
記 号	値
$h \times b$	$29.6 \times 10.5 \text{ cm}$
$h_s \times t_s$	$4.5 \times 0.45 \text{ cm}$
I_v	$3.108 \times 10^4 \text{ cm}^4$
ベイマツ	E150 - F435 (tf/cm^2)
$n = E_s / E_w$	14
L(スパン)	4 m
$s_{y,s}$	3600 kgf/cm^2 (SS400)
s_{ba}	2100 kgf/cm^2 (")

表 - 2 各種モーメント及び荷重			
モーメント		値	P_i / P_a
許容	M_a	$3.15 \text{ tf} \cdot \text{m}$	1.0
	P_a	4.04 tf	
降伏点	M_y	$5.40 \text{ tf} \cdot \text{m}$	1.7
	P_y	6.92 tf	
リブ全塑性	M_p	$7.50 \text{ tf} \cdot \text{m}$	2.4
	P_p	9.61 tf	
終局	M_u	$8.50 \text{ tf} \cdot \text{m}$	2.7
	P_u	10.9 tf	

表 - 1 に曲げ試験梁の寸法および材料定数を示す。降伏点応力は材料試験による。表 - 2 は上記の各種モーメントの計算値を示す。上段の許容モーメントとは、リブ縁が許容曲げ応力度に達するときのそれである。また荷重 P_i とは図 - 3 のように二点載荷したときの荷重強度であり、 $a=1.56 \text{ m}$ である。 $P_i = 2M_i / a$ となる。

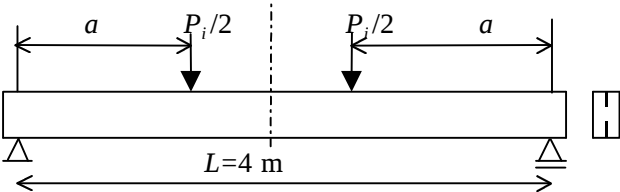


図 - 3

図 - 4 は荷重 - スパン中央たわみ試験結果である。終局荷重は $P_u = 12.6 \text{ tf}$ であり、表 - 2 の予想値を 16% 上回っている。

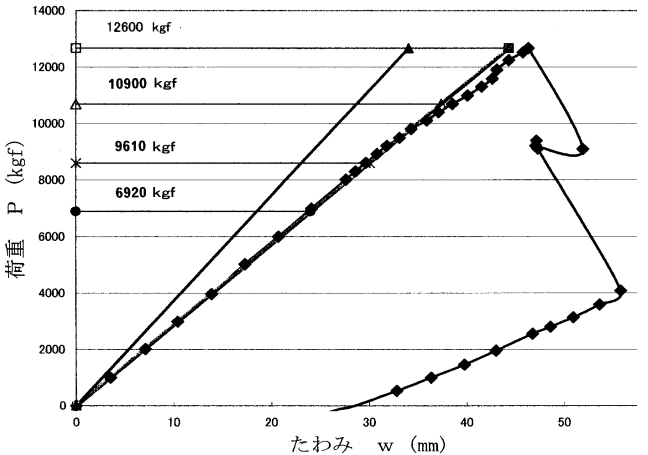


図 - 4