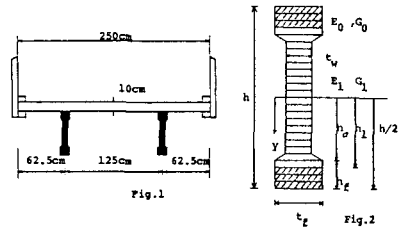


I-210 構造用集成材の歩道橋への適用に関する研究

秋田大学 学生員 ○豊田 淳
 羽沢建設(株) 三浦 郁夫
 秋田大学 正会員 薄木 征三

1. まえがき 板厚1.5~2.5cmのひき板を接着剤をもって一体的に接着合成した集成材は、これまで主に建築方面で利用されてきた。我国では木橋は既に過去のものとして永久橋化が進められてきたが、欧米では集成材をはりあるいはアーチの材料として用いた橋梁が架設されておりAASHTOにも設計基準が示されているようである。これは一つには豊富な森林資源の有効な活用を目指しているとともに、雪国で散布される防永剤に対して木材はほとんど化学反応を起こさぬというメリットがあるからである。

我国では道路橋として集成材を用いることには問題があると思われるが、歩道橋や自転車橋として利用してみる価値はありそうである。このような規模の橋梁としての歩道橋を対象としてI型断面を主げたとした場合の概算設計を行ってみたので概要を報告するものである。



2. はりのたわみと応力

Fig.1に歩道橋の仮想横断面図を示す。床版、主げたとともに集成材から成っている。はり製作上の制約から現在のところウェブ、フランジ共に幅は10~15cm以内になければならない。またFig.2に示すように、フランジの上下縁には、上級ラミナを2~4層用い、その他の部分は普通ラミナを用いることにする。上級、普通の区別は同じ材質に対しての区別であり、樹種が異なるということではない。

上級、普通ラミナではヤング率も許容応力にも10%程度の差があるので、Fig.2に示すように上級ラミナのヤング率とせん断弾性係数をそれぞれ E_0, G_0 、普通ラミナのそれらを E_1, G_1 とする。

このような合成構造のはり内の応力は、構造力学の公式から

$$\sigma = \frac{E M}{E_0 I_q} y \quad \tau = \frac{Q S(y)}{b I_q} \quad (1)$$

ここで、 $S(y)$ は断面一次モーメントであり、 $S(y) = \int_y^{h/2} (E/E_0) bdy$ である。 I_q は断面二次モーメントである。

集成材では一般にけた高が高くなるために、たわみに及ぼすせん断変形の結果を考慮することになっている。等分布荷重による単純げたスパン中央でのたわみは、Fig.2に示す断面では、 G が断面内で変化しているため若干複雑となり次式で与えられる。

$$V = \frac{5}{384} \frac{W l^4}{E_0 I_q} + k \frac{W l^2}{8 G_0 A_q} \quad \text{ここに} \quad k = \frac{A_q}{I_q^2} \int_A \frac{G_0 S(y)^2}{G b^2} dA \quad (2)$$

A_q は換算面積で $A_q = \int_A (E/E_0) dA$ である。 k は補正係数であり、近似的には長方形断面に対する $k=6/5$ を用いてもよいが厳密には、上式を用いるべきである。

3. 荷重とたわみ制限 荷重は死荷重(W_d)、雪荷重(W_s)および群集荷重(W_l)である。道路橋示方書より $W_s=100\text{kg/m}^2$ 、 $W_l=300\text{kg/m}^2$ とする。活荷重 W_l によるたわみ制限は横断歩道橋設計規準を採用して $L/600$ とする。ここで L は支間である。

集成材の密度、ヤング率、曲げ許容応力度については建築学会規準を採用することになるとこれらは表-1のようになる。表中 E_v, E_h はそれぞれ繊維平行方向、およびそれに直角方向のヤング率である。

以上より(3)式がけた高 h を定める方程式となる。Fig.2において $t_w=10\text{cm}$ と固定し、フランジ幅は $t_f=12\sim 15\text{cm}$ の範囲でスパン L によって変化させた。また、上級ラミナの層数は2~4層とした。これらは過去の研究結果に依存するものである。

$$\sigma_{\max} \leq f_b \quad V_1 \leq \frac{L}{600} \quad (3)$$

(3)式はしたがってけた高 h に関する高次方程式となるが、これをニュートン法を用いて解いた。

4. 結果 材質が杉について、スパン l を5~14mに変化させて断面を決定した結果を表-2に示す。表-2においてカッコ内は上級ラミナの層数を示し、1層の厚さは2.5cmである。上述のようにフランジ幅 t_f とフランジ高 h_f およびウェブ厚 $t_w=10$ cmは、過去のデータをもとに既知として与えたものである。表-2で長方形とあるのは $t_w=t_f=10$ cmの長方形断面の意味である。I形断面の方がけた高が減少するのは明らかである。またスパン $l=5\sim 10$ mでは上級ラミナの層数は2層で十分であり、 $l=10\sim 14$ mでは3層で十分であることが分かる。これらのけた高 h は、式(3)のたわみ制限から得られたものであり、応力制限から得られるけた高は表-2の70%程度となり、集材材ではたわみ制限が設計規準となる。

表-3は杉について表-2で定まった断面をもとに、応力や集材材主げた1本当りの体積 V_0 を示すものである。曲げ応力度 $f_{\max}$ は全て許容応力度以内におさまっている。活荷重によるたわみ V_1/L が1/600よりやや小さくなっているのは、けた高 h を式(3)から決める際数字を切り上げたことによっている。表-3の杉の場合の $\tau_{\max}$ は表-1の $f_s=5$ kg/cm²を上回っているが、活荷重に対しては、 $2f_s$ まで許容応力が割増しされるので合格である。

Fig.3は、 $L=1000$ cm、上級ラミナを3層使用した時の杉の応力分布図であり、 σ 図、 τ 図において内側の波線で書いたものは、死荷重に対する応力分布図である。応力分布が不連続なのは、上級ラミナと普通ラミナのヤング率が違うためである。

表-1

等	曲げ応力 f_b (kg/cm ²)	せん断応力 f_s (kg/cm ²)	$E_b \times 10^4$ (kg/cm ²)	$E_s \times 10^4$ (kg/cm ²)	$G \times 10^4$ (kg/cm ²)	ρ (kg/m ³)
普通	135	7	100	3	5	520
ラミナ	105	5	80	3	4	400
上級	180	7	110	3.5	5.5	520
ラミナ	140	5	90	3.5	4.5	400

表-2

	L cm	500	600	800	1000	1200	1400
I形断面	t_f cm	12	12	13	13	14	14
I形断面	h_f cm	10	10	10	10	12.5	12.5
長方形断面	h cm	45	54	71	89	107	124
I形 (0層)	h cm	42	51	67	85	100	117
I形 (2層)	h cm	42	50	66	83	98	116
I形 (3層)	h cm	41	50	66	83	98	115
I形 (4層)	h cm	—	—	—	82	97	115
I形断面	k	1.28427	1.27261	1.27740	1.26682	1.26045	1.26092

表-3

L (cm)	500	600	800	1000	1200	1400
h cm	42	50	66	83	98	115
A cm ²	422	493	654	813	983	1,134
V_0 cm ³	0.211	0.296	0.526	0.813	1.180	1.588
I_0 cm ⁴	68,870	113,889	268,685	526,022	908,673	1428,720
Z_0 cm ³	3,280	4,556	8,142	12,675	18,544	24,847
$Q_{\max}$	1,614	1,946	2,623	3,313	4,021	4,739
$M_{\max}$	201,687	291,870	524,640	828,250	1,206,360	1,658,650
$f_{\max}$	61	64	64	65	65	67
V_1/L	1/640	1/614	1/611	1/612	1/611	1/606
V_0/V_1 %	12.9	12.5	12.6	12.6	12.7	12.5
τ_1 kg/cm ²	3.63	3.65	3.65	3.62	3.65	3.64
τ_0 kg/cm ²	1.92	1.96	2.02	2.07	2.15	2.20
$\tau_{\max}$	5.55	5.61	5.67	5.69	5.80	5.84

h : けた高
 A_0 : 換算断面積
 V_0 : 換算体積
 I_0 : 換算断面二次モーメント
 Z_0 : 換算断面係数
 $Q_{\max}$: 最大せん断力
 $M_{\max}$: 最大曲げモーメント
 $f_{\max}$: 最大曲げ応力度
 τ_1 : 活荷重による最大せん断応力度
 τ_0 : 死荷重による最大せん断応力度
 $\tau_{\max}$: 最大せん断応力度

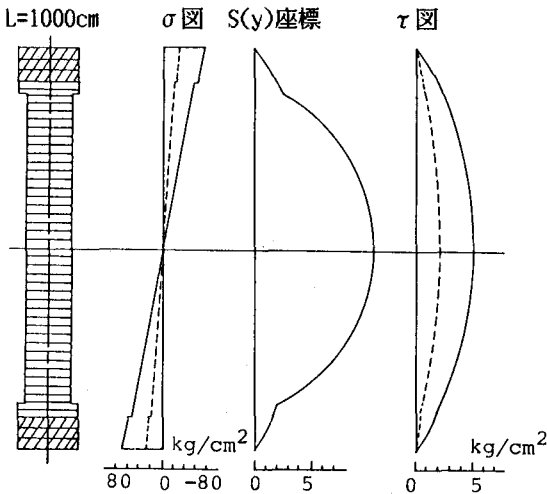


Fig-3