

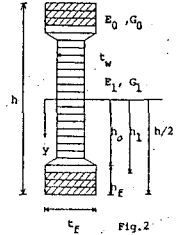
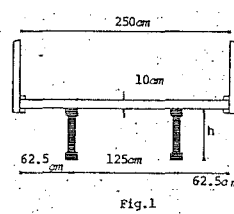
秋田大学 学生員 ○豊田 淳
 学生員 三浦 郁夫
 正会員 薄木 征三

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化に接着合成した集成材は、これまで主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ある。こ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水剤に対して木材はほとんど化学応を起さぬと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はあると思われるが、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。このような規模な橋梁としての歩道橋を対象としてI形断面を主げたとした場合の概算設計を行って見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、 $S(y) = \int_y^{N/2} (E/E_0) b dy$ である。 I_q は等価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け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 は等価断面積で $A_q = \int_A (E/E_0) dA$ 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 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 $E_{||}$ 、 $E_{\perp}$ 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。

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

(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 材質が松と杉について、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しめし、1層の厚さは2.5cmである。上述のようにフランジ幅 b_f とフランジ高 h_f およびウェブ厚 $t_w=10\text{cm}$ 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 $t_w=b_f=10\text{cm}$ 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 $L=5\sim 10\text{m}$ では上級ラミナの層数は2層で十分であり、 $L=10\sim 18\text{m}$ 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の値の70%程度となり、集成材ではたわみ制限が設計規準となる。

表-3,4は松と杉について表-2で定まった断面をもとに、応力や集成材主げた1本当たりの体積 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収まっている。活荷重によるたわみ V_l/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-4の杉の場合の $\tau_{\max}$ は表-1の $f_s=5\text{kg/cm}^2$ 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。

表-1

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

表-2

	L (cm)	500	600	800	1000	1200	1400
I形断面	杉 L (cm)	12	12	13	13	14	14
I形断面	h (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	1.27440	1.26882	1.28655	1.26902
長方形断面	h (cm)	41	50	66	82	99	115
I形 (0層)	h (cm)	39	47	62	78	92	108
I形 (2層)	h (cm)	38	46	61	77	91	107
I形 (3層)	h (cm)	38	46	61	77	90	106
I形 (4層)	h (cm)	—	—	—	76	90	106
I形断面	k	1.28703	1.27200	1.28153	1.26973	1.29189	1.27486

表-3

L (cm)	500	600	800	1000	1200	1400
h (cm)	38	46	61	77	90	108
A_0 (cm ²)	393	465	621	772	928	1,074
V_0 (m ³)	0.106	0.279	0.497	0.772	1.114	1.503
I_0 (cm ⁴)	51,993	90,432	217,168	426,016	722,536	1,148,550
Z_0 (cm ³)	2,736	3,932	7,120	11,113	16,050	21,671
Q_0 (kg)	1,055	1,268	1,688	2,110	2,532	2,954
Q_0 (kg)	605	738	1,018	1,318	1,632	1,962
Q_{000}	1,650	2,004	2,707	3,426	4,164	4,916
H_0 (kg/cm)	131,875	189,000	337,600	527,500	750,600	1,033,000
H_0 (kg/cm)	75,575	110,700	202,872	328,050	480,600	686,784
H_{000}	207,450	300,600	511,472	856,450	1,249,200	1,720,680
V_0 (cm)	1.181	1.417	1.889	2.363	2.947	3.475
V_0 (cm)	0.123	0.149	0.204	0.256	0.316	0.371
f_b (kg/cm ²)	48	48	47	47	47	48
f_s (kg/cm ²)	27	28	29	30	31	31
f_{000}	75	76	76	77	78	79
V_l/L	1/603	1/606	1/613	1/620	1/605	1/606
V_0/V_0 %	10.4	10.6	10.8	10.8	10.7	10.7
τ (kg/cm ²)	4.03	3.98	3.96	3.91	3.96	3.95
τ_0 (kg/cm ²)	2.31	2.32	2.38	2.45	2.56	2.63
τ_{000}	6.34	6.30	6.34	6.36	6.55	6.58

表-4

L (cm)	500	600	800	1000	1200	1400
h (cm)	42	50	66	83	98	115
A_0 (cm ²)	422	493	654	813	938	1,134
V_0 (m ³)	0.211	0.296	0.526	0.813	1.180	1.598
I_0 (cm ⁴)	68,870	113,889	268,685	526,022	908,673	1,428,720
Z_0 (cm ³)	3,280	4,556	8,142	12,675	18,544	24,847
Q_0 (kg)	1,055	1,266	1,688	2,110	2,532	2,954
Q_0 (kg)	559	680	935	1,203	1,489	1,785
Q_{000}	1,614	1,948	2,823	3,313	4,021	4,739
H_0 (kg/cm)	131,875	189,000	337,600	527,500	750,600	1,033,000
H_0 (kg/cm)	69,812	101,970	187,040	300,750	416,700	624,750
H_{000}	201,687	291,870	524,040	828,250	1,200,300	1,658,650
V_0 (cm)	1.009	1.334	1.808	2.278	2.708	3.292
V_0 (cm)	0.130	0.167	0.227	0.287	0.351	0.412
f_b (kg/cm ²)	40	42	41	42	41	42
f_s (kg/cm ²)	21	22	23	23	24	25
f_{000}	61	64	64	65	65	67
V_l/L	1/610	1/614	1/611	1/612	1/611	1/606
V_0/V_0 %	12.9	12.5	12.6	12.8	12.7	12.5
τ (kg/cm ²)	3.63	3.65	3.65	3.62	3.65	3.64
τ_0 (kg/cm ²)	1.02	1.06	2.02	2.07	2.15	2.20
τ_{000}	5.55	5.61	5.67	5.69	5.80	5.84