

I - A81

木質系トラスの静力学特性に関する一検討

高知工科大学 正会員 藤澤伸光
高知県工業技術センター 野地清美

高知県工業技術センター 西内豊
同左 沖公友

1. まえがき 近年、集成材技術や防腐処理技術の進歩により、木材の持つ親しみやすさを活かした木橋の建設事例が増しているが、その設計施工技術は必ずしも確立していない。本研究では、高知県梼原町に建設予定のトラス形式の木橋を想定したモデルによる載荷実験を行い、木質系トラスの設計という観点から考察を加えた。

2. 実験方法 木質系トラスでは、格点における接合部の滑りが重要であるため、接合部の挙動を調べるユニット試験と、トラスとしての挙動を調べるトラスパネル試験の2種類の実験を行った。ユニット試験の供試体は鋼板挿入型の接合部で、母材は杉の構造用集成材（規格 E75-F270、断面寸法 150×180mm）、鋼板は SS400（ $t=9\text{mm}$ ）、ボルトは M16×9 本である。6 体の供試体を製作し、引張力を加えて滑り変位を測定した。トラスパネル試験の供試体は、図 1 に示す 4 パネルのハウ形式平面トラスで、3 体製作した。上下弦材の断面は 240×150mm で、全長にわたる通し弦材である。腹材断面は 180×150mm で、鋼板挿入型の継ぎ手で弦材に連結されている。弦材、腹材とも杉の集成材で規格は E75-F270、トラス面内方向が部材断面の強軸方向となっている。このトラスを両端で単純支持し、中央に載荷して接合部の滑り変位、部材の歪、トラス全体のたわみを計測した。

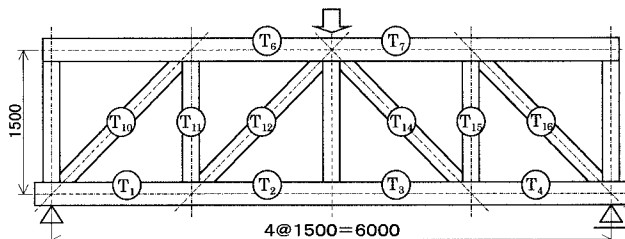


図1 トラスパネル供試体

3. ユニット試験の結果 接合部は、載荷の初期段階でガタによると思われる滑りを示すが、その後はほぼ弾性的な伸びを示し、30～35tf 程度の荷重で降伏した。降伏後も荷重は若干増加して、降伏荷重の約 1.2 倍程度で破壊に至った。荷重と変形の関係が線形に近い部分から求めた滑り剛性の平均値は 107tf/cm、ボルト 1 本では 11.9tf/cm であった。この値は、ボルトを弾性床上の梁として求めた理論剛性の約 1/4 である。一般に、多数本のボルトを使用した接合部の剛性は、各ボルトの剛性の単純和より小さくなる傾向にあるが、材質やボルト配置の影響など不明な点もあり、今後の研究課題である。

4. トラスパネル載荷試験結果 トラスパネルの試験では、3 体の供試体に対して破壊まで単調載荷、破壊直前で除荷して再載荷、荷重 10tf 毎に除荷して再載荷の 3 通りの実験を行った。図 2 に、段階載荷した場合の結果を示す。トラスパネルの場合も、載荷初期段階ではガタによると思われる変形が生じるが、その後は弾性的な挙動を示し、最終的には脆性的に破壊する。破壊モードは、3 体とも鉛直材（引張材）の接合部の割裂であった。なお、図から明らかなように、処女載荷時と再載荷時の剛性は大きく異なる。ボルトの木材

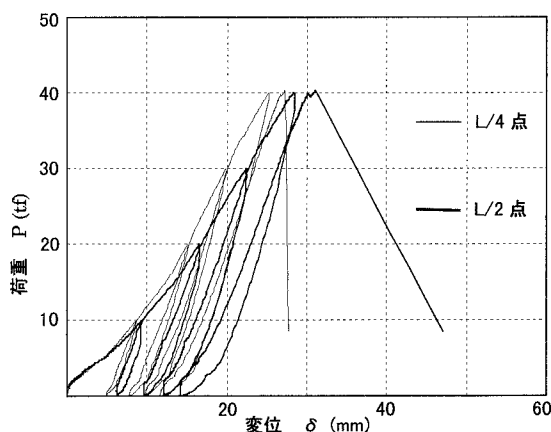


図2 トラスパネルのたわみ

キーワード：木橋、トラス、継ぎ手構造、2次応力

連絡先：〒782-8502 高知県香美郡土佐山田町 phone 08875-7-2417 fax 08875-7-2420

へのめり込みが処女剛性を、めり込みによる塑性変形後の弾性が再載荷時の剛性を支配しているものと想像される。トラスパネル試験で測定した格点部の滑り変位はバラツキが大きい、平均すると、ボルト1本あたりの剛性はユニット試験結果のおよそ85%程度であった。

5. トラスパネルのたわみ特性 格点における滑り剛性が、トラス全体の挙動に及ぼす影響を調べるために解析的な検討を行った。解析に用いたモデルは、全格点をピンとしたモデル（case-0）、上下弦材の曲げ剛性を考慮したモデル（case-1）、上下弦材の曲げ剛性を考慮し、かつ接合部の滑りを考慮するため腹材に換算断面積を用いたモデル（case-2）の3モデルである。木材の弾性係数は上下弦材に関する実測値の平均 $E=78\text{tf/cm}^2$ を用いた。また、接合部の滑り剛性は、ユニット試験から求めたボルト1本あたりの剛性に、トラス供試体のボルト本数を乗じたものの85%とした。荷重10tfあたりの部材力およびたわみをまとめて表1に示す。なお、case-1、2の部材曲げモーメントは当該部材中の最大値である。表中には、荷重10tfでの値に換算した実験値も併記した。ただし、曲

表1 たわみと部材力 (P=10tf)

解析モデル		case-0	case-1	case-2	実験値	
たわみ(mm)	L/2	3.97	3.81	8.04	7.97	
	L/4	2.43	2.40	5.21	5.38	
軸力(tf)	上弦材	T6,T7	-5.0	-5.02	-5.13	-4.97
	下弦材	T1,T4	5.0	5.02	5.13	4.19
		T2,T3	10.0	9.61	9.06	8.50
	鉛直材	T11,T15	5.0	4.71	4.11	3.82
	斜材	T10,T16	-7.07	-7.10	-7.26	-6.12
		T12,T14	-7.07	-6.48	-5.56	-5.62
曲げモーメント (tf・m)	上弦材	T6,T7		0.349	0.948	
	下弦材	T1,T4		0.028	0.098	
		T2,T3		0.241	0.460	

げモーメントについては歪測定位置が最大曲げモーメント発生位置に対応していないため、解析値に対応する実験値が得られていない。表から、格点の滑りを考慮していない case-0、1 のたわみは実験値の半分以下であるが、滑りを考慮した case-3 では実験結果とよく一致しており、当然ながら、トラスのたわみには格点の滑りが支配的であることが分かる。一方、部材軸力

に関しては、滑りの影響はさほど大きくない。たわみが大きいとはいえ、トラスの寸法と比較すれば微小変位の範囲であり、構造系としての特性に変化はないものと理解される。ただし、トラスの変形の増加によって通し材となっている上下弦材の曲げモーメントが著しく増加していることには注意が必要である。case-2 の解析結果によれば、弦材の曲げによる応力は軸力による応力とほぼ同程度であり、2次応力として無視できるレベルではない。ただし、case-0 と 1 の比較から明らかなように、弦材曲げ剛性の全剛性に対する寄与は僅かであるから、case-2 における弦材曲げモーメントの増加は、トラスとしての変形が増加して、弦材に強制

表2 弦材断面2次モーメントと応力 (P=10tf)

解析モデル	case-2	case-3
軸力(tf)	9.06	9.57
軸力による応力(kgf/cm ²)	25.2	26.6
曲げモーメント(tf·m)	0.460	0.222
曲げによる応力(kgf/cm ²)	31.9	24.6
最大応力(kgf/cm ²)	57.1	51.2

変位が加わった結果と解釈すべきであろう。したがって、弦材の面内方向の断面2次モーメントを減じれば、曲げによる応力を緩和できる可能性がある。そこで、上下弦材として、供試トラスと同じ寸法の部材を、トラス面外方向が強軸となるように用いた場合の解析（case-3）を行ってみた。表2に、中央に近い下弦材（T2,T3）の応力を case-2 と比較して示す。弦材の剛性低下によってたわみが5%程増加し、これにともなって軸力による応力も増加しているが、曲げモーメントが著しく低下するため、曲げによる応力と軸力による応力を加算した最大応力は減少している。ただし、断面2次モーメントの減少のため、曲げモーメントの減少から期待されるほどには最大応力は減少しない。座屈が問題となる圧縮材では、断面2次モーメントの減少にも限界があるから、2次応力の問題の根本的な解決には、より合理的な継ぎ手構造の開発が必要と考えられる。

6. まとめ 木質系トラスでは、接合部の滑りが全体のたわみに支配的な影響を及ぼす。この結果、曲げを伝える通し弦材を用いた設計では曲げによる2次応力が大きくなる場合がある。2次応力を減少させるために弦材の断面2次モーメントを小さくする方法は一応の効果が認められるものの根本的な解決改善にはならず、より合理的な継ぎ手構造の開発が望まれる。

なお、本実験の結果は、木橋技術検討委員会（委員長：三木千寿東工大教授、事務局：（財）国土開発技術研究センター）で審議中の「木橋設計施工基準」に反映される予定である。