

I-27

水浸促進試験による集成材の強度低下と耐候性

北見工業大学	学生員	新谷 孝雄
北見工業大学	正 員	大島 俊之
北見工業大学	正 員	三上 修一
島田建設	正 員	木村 伸行
島田建設	正 員	斎藤 隆行

1. まえがき

ゆとりや豊かさ、環境を考慮した国土整備をめざす中で、木橋に対する社会的ニーズが急速に増加している。現在公園内などの歩道橋として年間60橋以上の木橋が建設されており、欧州においては長大道路橋にも集成材のアーチが採用されている。我が国の道路橋としてはこれまで林道橋が主として建設されてきた。しかし近年の社会的要請から建設省および農林省では木橋に関する設計基準を制定して設計の基準化をはかり、木橋の建設を促進しようとしているが、集成材の力学的性質や耐久性に関しては不明な点が非常に多い。例えば集成材のポアソン比やねじり剛性など基本的な力学的特性についてもデータが不足している。また大きな問題は土木構造部材としての集成材の耐久性の評価であり、積雪寒冷地における集成材の耐久性に関するデータもほとんどない。特に積雪を含む水分と寒暖の温度差の繰り返し作用は力学的特性を大きく変化させる。したがって経年的なこれらの自然環境の作用の影響を適確に評価することは木橋の設計基準を決定する際に必要不可欠なものである。本論文では網走監獄博物館前に復元建設された鏡橋（木橋）を設計する際に実施している木材の耐久性に関する実験の結果について報告する。

復元鏡橋は2連のハウトラスから構成されている。昭和25年当時の鏡橋がこのハウトラス形式であったことから、平成6年4月に完成した博物館前の橋梁の設計においてはこのハウトラスのイメージをできるだけ再現するための工夫がほどこされた。まず部材はトドマツを素材とする集成材を用い、部材の防腐処理は部材制作後の注入処理で行った。構造解析においては格点部の剛性を変化させて、ピン結合と剛結合の両方で検討し、骨組構造解析を行った。次に格点部の構造については図1に示すように、集成材内部に鋼板をはさみ、ボルトで締める方式を考案した。これは近年の宮大工の不足から適切な結合の工作をすることができなくなり、木橋の寿命を短くしてきたため、この格点部のゆるみを発生させないよう格点部に鋼板を用いる構造が最近考察されるようになってきており、積雪寒冷地の北海道において土木構造物として始めてこの手法

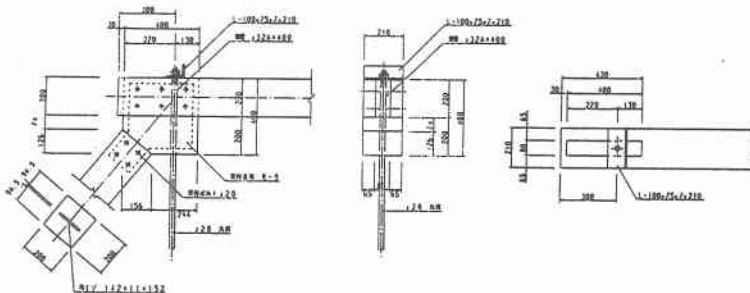


図1 上弦端部格点詳細図

Strength Degradation and Weather Resistance of Laminated Timber by Accelerated Immersion Test.
by Takao ARATANI, Toshiyuki OSHIMA, Shuichi MIKAMI, Nobuyuki KIMURA and Takayuki SAITO.

が用いられた。ハウトラスの上弦材、および下弦材は一般に2枚の木材により両側から鋼棒をはさんで結合する方式が架設上の容易さから採用されてきた。しかし前述の積雪寒冷地における木橋の耐久性を向上するためには外気に接する木材の面積はできるだけ少ない方が望ましく、今回の方法ではこの点を工夫したことが独創的な点である。すなわち、格点部に用いる鋼板には細かい鋼材が溶接されており、この中を垂直材の鋼棒が挿入できるようにした点である。このようにすることにより架設工期の短縮にもつながり、本橋全体は3週間で架設可能であった。

2. 集成材の耐候性に関する実験

素材および集成材の積雪寒冷地における耐久性の検討は、木橋の寿命を支配する重要な因子であるが、これに関する研究成果がほとんどないのは先に触れたとおりである。これは雨露に触れ、且つ常に人命に関わる重要な土木構造物に木材があまり使用されてこなかった点が挙げられる。しかし将来道路橋や林道橋、歩道橋などに活用するのであれば、これらの耐久性の評価や腐朽のメカニズムの解明は不可欠である。本論文ではこれらの目的から図2に示すような素材(Aシリーズ)、集成材

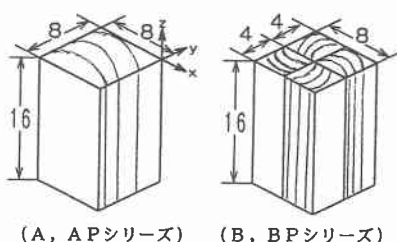


図2 供試体モデル図 (Unit:cm)

(Bシリーズ)を用いて水浸の促進試験を実施しているのでその経過を報告する。供試体はエゾマツを使用し、集成材については水性ビニールウレタン接着剤、接着圧15 kgf/cm²、6時間常温養生により作成している。また防腐剤の効果を確かめるためPシリーズ(AP, BP)としてキシラモンゴールドを塗布した供試体も用いている。促進試験では降雨(降雪)と晴天の繰返しを再現するため、供試体を毎日8時間程度水浸する方法により年間1/3を雨又は雪である平均的な気候をモデル化した。この繰返し速度によれば1カ月が1年に相当し、現在10年分に相当する10カ月のデータまで得られている。素材と集成材の経年的変化のちがいの特徴は図3(素材)と図4(集成材)に示すように素材での乾燥割れは木口面の広さに対して幅、長さともに大きな割れが生じるのに対し、集成材の場合は母材の木口面が小さいため、微細な割れが数本発生している点である。これらは木口面の面積や供試体の体積の増減の差異となって現れ、特に素材では時間が経つにつれ内部の弱体化を進めつつ乾燥割れが大きくなり、さらには拵がって縦割れに至る。集成材の場合は素材に比べ面積・体積の増減の差異が小さく、内部弱体の進行の度合いは小さいと考えられる。とはいえ強度が低下するのには違いはなく、土木部材として使用するための対策が必要である。

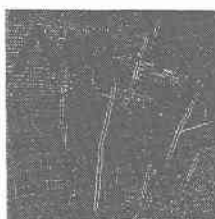


図3 素材断面図



図4 集成材断面図

3. 集成材の耐久性とボアソン比

集成材の力学的特性についてはこれまでもいくつか報告したが³⁾、図5には繊維方向の圧縮試験の強度の変化を示している。図中白ヌキのプロットは防腐剤を使用した場合、黒印は使用しない場合である。素材の場合、年月とともに強度が低下していく状況が明らかであるとともに、防腐剤を使用した場合には強度低下がゆるやかとなることが確認された。図6は集成材の場合の結果であるが、この場合も年月の経過とともに強度が低下していく状況が確認できるが、供試体表面の防腐剤の効果は明確には現れてはおらず、また素材と比べかなりばらつきが目立つ。これは含水率の違いもあるが、接着剤が防水の役割も担っており、前述の木口面の乾燥割れの差異と見られる。また今回は含水率がほぼ一定のものを扱っている。

集成材のポアソン比の測定にあたっては、供試体の側面2方向および軸方向（繊維方向）の3方向にダイヤルゲージを設置して、平均的な縦横の歪みの変化を計測した。図7は5カ月水浸後の素材供試体の測定結果と荷重段階毎の変化として示している。この図によればほぼ0.35程度となっている。なお木材の場合は変形初期から非線形性が見られるがその一例を図8に示

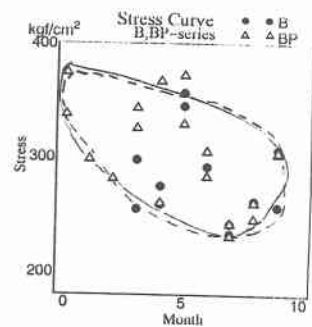
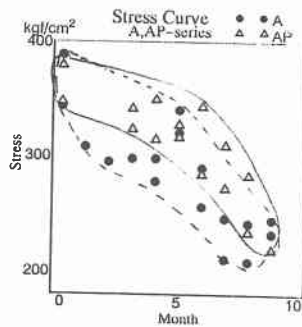
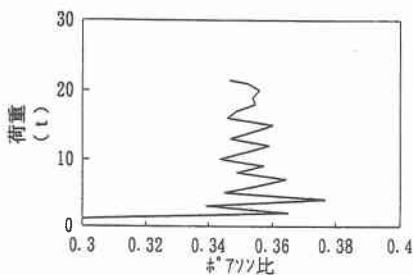


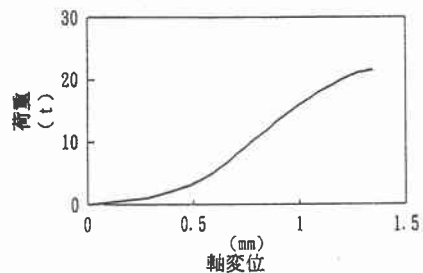
図5, 6 素材及び集成材の耐久性試験結果

している。これは図7で示した結果の基礎となる繊維方向（長軸方向）の変形（縮み）と荷重の関係を示したものであるが、載荷初期には圧密現象に似た下に凸の挙動となり、その後の直線変化を経て破壊へと向かう。この間ポアソン比の挙動したがって材料の3次元挙動は図7で示したような経過をたどっている。図9には7カ月水浸後の集成材（防腐剤有り）のポアソン比の結果を示している。これによればエゾマツの集成



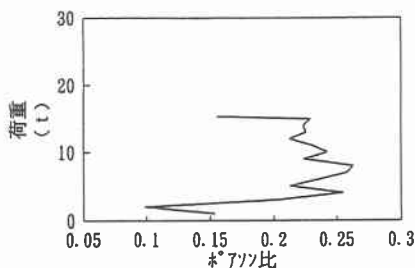
（素材）

図7 5カ月浸水供試体のポアソン比



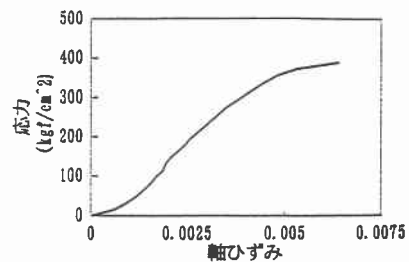
（素材）

図8 5カ月浸水供試体の軸変位



（集成材：防腐剤有り）

図9 7カ月浸水供試体のポアソン比



（素材：防腐剤有り）

図10 10カ月浸水供試体の応力歪曲線

材のポアソン比は0.23程度となっている。なお図は示していないが集成材の場合の荷重変形曲線は図8ほど非線形とならず載荷初期から直線性がみられる³⁾。また全体的にみて素材に比べ集成材の方がポアソン比は小さいことが確認された。

図10は実験で得られた10カ月浸水後の素材供試体（防腐剤有り）の応力歪曲線（繊維方向）である。これ

も前述と同様非線形挙動を示し、載荷初期には圧密現象に似た下に凸の挙動となり、その後の直線変化を経て破壊となる。横軸（年輪方向）についてもほぼ同様であった。また弾性係数については現在算出中である。

4. これまでの結果と考察

これまで得られた結果を基に簡単にまとめてみる。

- (1) 集成材の経年変化における乾燥割れには、母材の木口面を更に小さくすれば割れはもっと微細になるとみられる。さらには接着面が増えることからその部材の強度は増すことになる。
- (2) 木材の耐候性に関して、防腐剤の効果は塗布のみでも明らかであり、接着剤が防水の役割も担うことが確認された。
- (3) 今回の実験でのポアソン比はエゾマツの素材は0.3～0.4、集成材は0.2～0.3となった。また応力歪み曲線は非線形挙動であった。
- (4) 今回の実験で、木材は力を加えられると安定しようと湾曲する（曲げ変形する）かずれる（せん断変形する）ことが確認された。

5. 今後の課題とあとがき

木材は自然生育による生来のばらつきや含水率のばらつきなど、力学的解析をするには難解であることは否めず、木材はこれらの自然なるがゆえの複雑さを有する一方で、乾湿の吸収能力や繊維の強さなど他の材料にはないすぐれた特性を有している。この特性を土木分野で活用していくためには、更に実験あるいは解析の数を増やし、より正確なデータ採取が必要である。

本研究において、中神土木設計の本間美樹治氏、稲葉建設の稲葉昭雄社長、伊東正君をはじめ北見工業大学構造研究室の諸君には大変お世話になりました。ここに感謝いたします。

参考文献

- 1) 斎藤隆行他：鏡橋（集成材橋）の改築計画について，第9回寒地技術シンポジウム講演論文集，1993.
- 2) 新谷孝雄他：木製トラス橋の設計と耐候性の検討，土木学会第49回年次学術講演会，1994.
- 3) 斎藤他：エゾマツを素材とする集成材の力学特性の実験的研究，土木学会北海道支部論文報告集，第49号，1992.
- 4) 大島俊之他：集成材歩道橋「鏡橋」の設計と施工，第10回寒地技術シンポジウム講演論文集，1994.
- 5) 網走刑務所開基百周年記念史：網走刑務所－苦節百年その歩み－，網走刑務所職員会，1991.
- 6) 農林水産省林業試験場監修：木材工業ハンドブック（改訂3版），丸善，1982.
- 7) 土木学会編：土木工学ハンドブック 第25編 木構造，1990.
- 8) 日本複合材料学会編：複合材料ハンドブック，日刊工業新聞社，1989.