

木橋のプレストレス木床版緊張力の変化特性

技術専門職員 米 谷 裕

1. はじめに

森林資源の有効利用、環境に配慮した構造材料の使用を目的とし、木橋の架設が将来的に望まれる。現在、橋梁材料としては、鋼材、コンクリートが一般的であるが、将来的な資源量を考慮すれば、木材の有効利用にも積極的に取り組むべき時代である。樹木の生長には時間を要し、すぐには材料として使用できないが、伐採した分を植林することにより、木材は永久的に確保が可能な資源である。また、二酸化炭素を吸収し樹木として固定化できるので、地球規模で問題となっている環境問題にもその成果が期待できる。秋田県は、森林県であり昔から有名な秋田杉の産地として知られているが、戦後植林された人工林が伐採時期になっているにもかかわらず、有効利用が図られているとは言えない。成長期の樹木は、二酸化炭素を吸収し酸素を排出する機能が高く、老齢木ではその機能低下が著しく十分に果たすことができない。また、適度の間伐も正常な森林機能を果たすために欠かせない。

木材の有効利用の一環として、秋田県では昭和60年代後半より林道橋を中心に木橋の架設が始まり、それを期に全国各地で木橋に関する研究、架設が盛んになってきた。これらの木橋は、いわゆる近代木橋と呼ばれているもので、木材を接着接合した集成材を用い、防腐処理を施した木橋である。小径木の木材でも集成材とすることにより、大断面で力学的に安定した部材となり、木橋等の構造材料として利用可能となる。また、防腐処理技術の発達により厳しい自然環境下に置かれる木橋の耐久性の向上が図られた。秋田県内に架設された木橋の1例として、平成11年3月に秋田県大仙市協和に架設された百目石橋を写真一1に示す。本橋は、スギ集成材アーチを主構造とするタイドアーチ橋であり、床版にはプレストレス木床版が用いられている。プレストレス木床版とは、集成材を敷き並べ、幅員方向に鋼棒で締め付けることにより一体構造としたものである。一体構造とすることにより床高を低くでき、コスト削減等のメリットがあり木橋の1形態としても有望な形式である。本研究では、百目石橋の緊張力変化特性に関し、その実測データを基に検討したもので

ある。近代木橋が登場して20年近くなるが、日本では未だに木橋設計基準がなく、諸外国に後れを取っている。百目石橋では、架設直後より緊張力データを測定しており、その変化特性の把握は、今後の木橋の維持管理等にとって重要であると考えられる。



写真一1 百目石橋

2. 実測データ

百目石橋の床版には20本の鋼棒が配置されているが、その内の6本にロードセルをセットし、緊張力を測定している。また、床版裏側の橋台上に温湿度センサーを設置した。これらの設備は、秋田県立大学木材高度加工研究所で設置し、データは1時間毎に測定され電話回線を用いてモニタリングされている。

図一1に架設時から現在までの実測データを示す。緊張力は、初期プレストレスに対する変化率で整理し、6本の鋼棒の平均値を用いた。図にはそれらの実測データより日平均を計算し表示した。本橋は、初期プレストレス導入後、2週間後、3週間後、7週間後の3回再プレストレスを導入している。緊張力は、最終プレストレス導入から200日目あたりまでに、クリープにより約60%まで急激に低下しているが、その後は周期的に増減を繰り返しながら、全体的に緩やかに低下しているのが認められる。増減の幅も年々小さくなり、架設後6年が経過した現在でも50%から60%程度の緊張力を維持している。図には、温度・湿度変化も同時に示したが、緊張力の増減は、温度変化に対応している。一般に、プレ

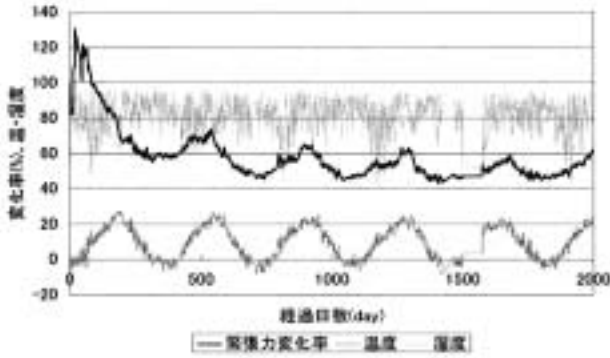


図-1 百目石橋の実測データ

トレス木床版の緊張力は、木材の含水率の影響を直に受けるので、湿度の影響を受けると考えられるが、図では温度の影響を受けているように見える。これは、季節変動の影響と考えた。すなわち、夏場は温度上昇により飽和水蒸気量が増加するので、相対湿度が変化するものの空気中の水蒸気量は増加する。

また、冬場は逆に飽和水蒸気量が減少するので、空気中の水蒸気量が減少したものと考えられる。緊張力の季節変動は、年数の経過とともに小さくなり、現在では約10%程度の範囲で増減を繰り返している。実測データでは、1日の中でも緊張力は細かい増減を見せているが、その変化量は3%未満である。

3. 緊張力変化特性

前述の実測データより、緊張力は木材のクリープによる減少と、周囲環境による季節変動による増減が重ね合わさった変化をしている。クリープの影響は、プレストレス導入直後から250日程度までが大きく、最終クリープ量の7~8割はその期間に生じると思われる。その後、長い日数をかけ徐々に低下するが、その間の緊張力の変動は、温度・湿度の周囲環境の影響を受ける。その変化は季節変動としてとらえたが、より明確に検討するために、水蒸気圧との比較を試みた。この水蒸気圧は、空気中の水蒸気量に対応し、温度と湿度の2つのパラメータを1つのパラメータで評価するものと考えられる。一般に、湿度として測定しているものは、相対湿度(R.H.)であり、次式で表示される。

$$R.H.(%) = \frac{e}{E_s} \times 100$$

ここで、 e は大気の水蒸気圧、 E_s は飽和水蒸気圧である。飽和水蒸気圧は、気温により変化し、基本的に簡便な式として次式が与えられている。

$$E_s = 6.1121 \times \exp \left(\frac{17.502 \times t}{240.9 + t} \right)$$

実測された気温 t より上式を用いて飽和水蒸気圧 E_s を求め、これと同時に測定した相対湿度 RH よりその気温における大気の水蒸気圧が計算できる。水蒸気圧と緊張力変化を比較したのが図-2である。プレストレス木床版の緊張力は、木材の含水率により変化し、含水率は周囲環境の水分量に依存していると考えられるので、図-2に示すように水蒸気圧と緊張力変化が対応していることは妥当であると考えられる。

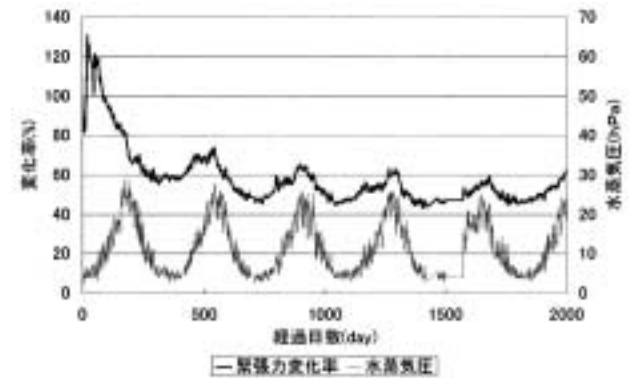


図-2 水蒸気圧と緊張力

4. まとめ

将来的に期待される木材の構造材料としての使用を前提に、木橋に適用する場合を検討してみた。1例としてプレストレス木床版形式の実橋の緊張力変化に関し、周囲大気気温、相対湿度を1つのパラメータとした水蒸気圧による評価を試みた。その結果、マクロ的な季節変動およびミクロ的な日々の変動について水蒸気圧と緊張力がよく対応していることがわかった。本校ではさらに、恒温・恒湿室を利用し、プレストレス木床版の緊張力変化特性を検討している。設定した温度・湿度状態の基で緊張力変化を測定しているが、これまでに、一定温度状態で低湿度から高湿度へ、逆に高湿度から低湿度へ変化させたときの緊張力変化特性等を検討してきた。今後、実橋での検討と同様に水蒸気圧との関係を検討する予定である。

我が国で近代木橋が架設されるようになってから20年程が経過している。全国各地で相当数の木橋が架設されているとはいえ、設計基準の確立の他、維持管理に関するマニュアルの完備も必要に思える。今後、木材も橋梁材料の一つとして選択できるよう、この分野での研究実績の積み重ねが望まれる。