

木材を使用した土木構造物の修復限界状態に関する研究

(秋田木高研) ○佐々木貴信, 岡崎泰男, 中村昇, 黄元重
(北大農) 澤田圭, (福大工) 渡辺 浩, (森林総研) 軽部正彦

【研究プロジェクト概要】

国産材を利用した木製土木構造物の普及拡大を目指し、本研究では以下の課題に取り組んだ。

- ① 木材の腐朽度と残存強度の関係を定量化することを目的として、各種の診断機器を用いた非破壊的試験および強度試験による検討を行った。
- ② 腐朽等で劣化した土木構造物の耐力が補修や補強などの修復を行うことによってどの程度耐力レベルが増加しているかを明らかにすることを目的に、木質構造物の腐朽事例の調査を行った。
- ③ ①, ②の結果を用いて健全度（損傷度）と信頼性指標（または破壊確率）との関係を明らかにし、木橋を例に修復限界状態設計式を提示した。

【研究計画・組織】

図1に上記①～③の本研究のフローと組織を示す。研究メンバーの他に、土木学会の木橋の高度化技術研究小委員会とも情報を共有し、研究を進めた。同委員会では、木橋の耐用年数を設定するために、橋の構造形式や雨仕舞い対策、使用木材の樹種、防腐処理条件などの初期の耐久性に関する要素と、点検・管理の頻度や程度、気象条件などの供用条件に関する要素をそれぞれ点数化して積み上げ、総合評点の点数から耐用年数の算定式の提案を検討している¹⁾。本研究の最終目的である木橋が劣化した場合に、補修によって性能を向上させ耐用年数を延ばしていくという概念を取り入れた「修復限界状態設計式」の提案については同委員会と共に検討した。

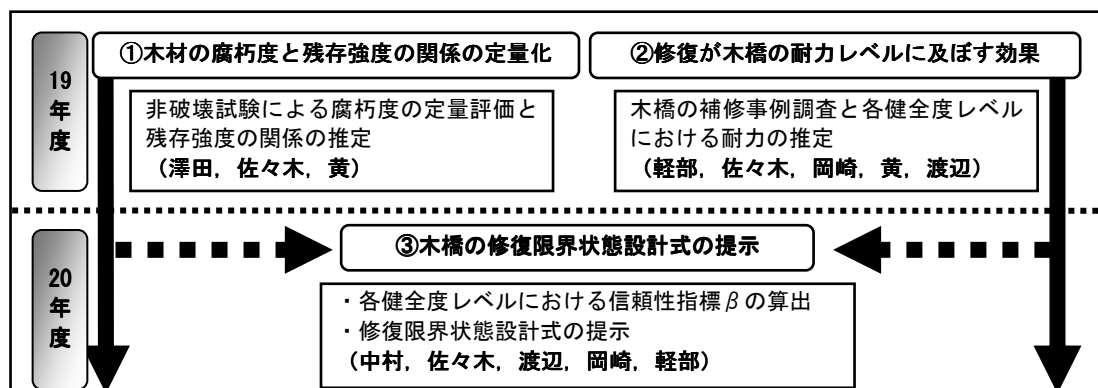


図1 研究計画のフローおよび研究体制

【研究成果】

①木材の腐朽度と残存強度の関係の定量化

これまでに、木質構造におけるボルトやドリフトピン接合部を対象とした腐朽材の残存強度の関係を明らかにすることを目的に、促進腐朽処理材を用いた、面圧強度試験、接合部のせん断試験などを行い、樹種や含水率、腐朽操作期間と各種強度の関係を調べた^{2),3)}。また、褐色腐朽菌オオウズラタケによって腐朽させた木材を用いてドリフトピン接合部の一方向単調加力試験および正負繰り返し加力試験を行い、先孔部に生じた腐朽がドリフトピン接合部のせん断性能に与える影響を調べた⁴⁾。これらの接合部単体の性能評価に加えて、強制腐朽処理を施した木材を用いた平行弦トラスの曲げ試験を行い、斜材の接合部分の腐朽が平行弦トラスの荷重-たわみ関係に及ぼす影響を調べた。



写真1 トラスの曲げ試験

②修復が木橋の耐力レベルに及ぼす効果

腐朽等の作用により主構造部材に損傷が発見された、木橋や木質構造物の事例を収集し、各種非破壊試験法による健全度診断を行い測定データの蓄積を図った。

調査事例の一つである、青森県鶴田町に平成3年から3年間の工期で施工された青森ヒバ材を用いた木橋「鶴の舞橋」は、工事着手から古い部分で15年が経過し、部材の腐朽や欠損が認められるようになった。本橋の維持・補修を検討するための基礎資料として、健全度調査を実施した。調査では、主に橋の形状計測（写真2）と穿孔抵抗測定による主桁や橋脚の健全度を評価した⁵⁾。また、穿孔抵抗測定（レジストグラフ）を用いた健全度評価方法については、腐朽したヒバ材やスギ材や、それらの健全材を用いて、実験室内で詳細なデータを収集し、密度と穿孔抵抗値の関係や、腐朽度（質量減少率）と抵抗値の関係（図2）などデータの蓄積を図った⁶⁾。



写真2 鶴の舞橋の健全度診断

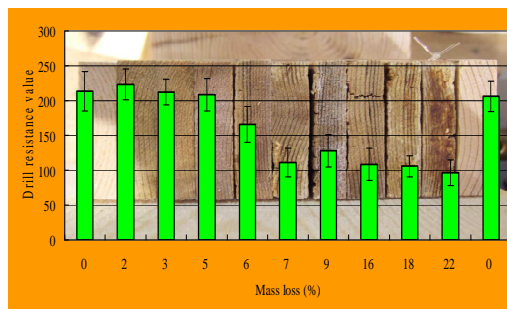


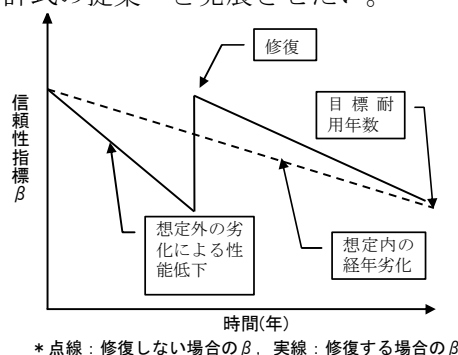
図2 質量減少率と穿孔抵抗値の関係

③木橋の修復限界状態設計式の提示

架設後13年で架け替えられた木橋の残存強度を調査するプロジェクトが独立行政法人森林総合研究所や広島県立総合技術研究所林業技術センターを中心に進められている。対象橋梁は、1990年に架設されたベイマツ集成材を使用した橋長36.3mのトラス橋（歩道橋）である。プロジェクトでは、解体前の木橋の残存強度特性を知るための載荷実験や各構成部材の劣化状況の調査、再組み立て以降に生じた特性変化を知るために重量測定や各種の非破壊検査などを実施し、最終的に破壊試験を行い耐荷力が調査された⁷⁾。本橋の設計書や破壊試験結果を参照し、完成当初および架け替え時点（破壊試験時）での構造性能を限界状態設計法に基づき信頼性指標 β を試算した結果、みかけの β は4.46（完成時）、1.00（13年経過後）と算出することができた。この構造性能の低下は図3の実線で表されるが、必要な修復によって β を回復させる経過については実例がないために、本研究ではその概念（図3）のみを示す結果となった。今後、補修事例を蓄積し、精度の高い耐用年数を考慮した木質土木構造物の設計式の提案へと発展させたい。



写真3 トラス橋の載荷破壊試験



* 点線：修復しない場合の β 、実線：修復する場合の β

図3 修復限界状態設計のイメージ

【参考文献】

- 1) 荒木昇吾, 中村昇: “腐朽事例に基づく木橋の耐用年数の推定に関する研究” 木橋技術に関するシンポジウム論文報告集, Vol.7, pp135-140, 土木学会, 2008.
- 2) 瀧内浩, 澤田圭, 佐々木貴信, 岡崎泰男, 土居修一, 飯島泰男: “腐朽条件下においた木材の面圧強度の変化”, 木材学会誌 53(1), pp.4-51, 2007.
- 3) 澤田圭, 佐々木貴信: “腐朽による木質構造ドリフトピン接合部のせん断性能の変化”, 木橋技術に関するシンポジウム論文報告集, Vol.5, 土木学会, pp.45-50, 2006.
- 4) Kei SAWATA, Takanobu SASAKI, Shuichi Doi and Yasuo Iijima: “Effect of decay on shear performance of dowel-type timber joints”, Journal of Wood Science 54:356-361, 2008.
- 5) 佐々木貴信, 黄元重, 平沢秀之, 渡辺浩, 佐藤一人: “青森ヒバ材を用いた木橋「鶴の舞橋」の健全度調査” 木橋技術に関するシンポジウム論文報告集, Vol.7, pp95-100, 土木学会, 2008.
- 6) 黄元重, 金高悟, 佐々木貴信: “RESISTOGRAPHを用いた木橋部材の劣化診断” 木橋技術に関するシンポジウム論文報告集, Vol.7, pp104-104, 土木学会, 2008.
- 7) 軽部正彦, 林知行, 加藤英雄, 宮武敦, 新藤健太, 青木謙治, 藤田和彦: “13年の供用履歴を持つ既存木橋の載荷破壊実験” 木橋技術に関するシンポジウム論文報告集, Vol.7, pp129-134, 土木学会, 2008.