

木橋と近代木橋に対する耐用年数の推定式試案

○金沢工業大学 フェロー 本田秀行 サンコーコンサルタント(株) 正会員 豊田 淳
金沢工業大学大学院 学生員 篠原聖人 サンコーコンサルタント(株) 正会員 加藤真吾

1. まえがき

わが国での集成材を用いた木橋（以後、近代木橋と言う）の架設は、約 30 年前に始まり、経年による劣化等に対する健全度評価や維持管理に対する検討が行われている。さらに、丸太や製材による従来の木橋（以後、木橋と言う）と近代木橋を統合した耐用年数の推定に関しても、参考文献 1), 2) に示すように土木学会・木橋研究小委員会にて検討の成果を公表している。また、参考文献 3), 4) に示すように著者らの本田は、木橋研究小委員会での検討の一部に基づいて近代木橋に対する耐用年数の推定法と要因分析を行なっている。本研究は、従来の検討で提案されている耐用年数に対して、木橋と近代木橋の耐用年数を区別してより適切な耐用年数の推定式を検討している。

2. 耐用年数の推定式と指標値

前述の木橋研究小委員会では、架設からの経年による木材の劣化や通行止めおよび撤去等の実態などの実年数を考慮して、近代木橋および従来の木橋を統合した木橋に対する耐用年数 T の推定式を最大 50 年に、以下の式(1)で提案^{1), 2)} している。なお、式中の Y は使用材料や周辺環境および構造形式などの影響を考慮した指標値を示しており、具体的な内容は後述する。

$$T = 15 Y \quad (T \leq 50 \text{ 年}) \quad (1)$$

$$T = 7.0 e^{0.73 Y} \quad (T \leq 50 \text{ 年}) \quad (2)$$

しかしながら、耐用年数が 16 年を超える場合、式(1)に基づく耐用年数は実年数より小さくなる相違が見られることから、木橋研究小委員会では実年数に合致するような指数関数で推定式を表わす検討も行なわれた。著者らの本田は、式(2)に示すこの指数関数による推定式を基に、72 近代木橋に対する耐用年数の算出と要因分析および数量化理論Ⅱ類を用いた要因分析を行なった経緯^{3), 4)} がある。

式(1), (2)に示す推定式の根拠になったデータには、ボンゴシ材を用いた木橋も多く含まれている。アフリカ産のボンゴシ材を木橋の共有データとして耐用年数を論議する事に懸念を呈する。このことから、ボンゴシ材のデータを除去して若干の実年数のデータを追加したデータを図-1 に示す。図中の R^2 は決定係数である。木橋を従来の木橋と近代木橋に区別して、それぞれ決定係数が最も大きくなる耐用年数の推定式を検討した。その結果を式(3), (4)に示す。なお、木橋の耐用年数の最大が実年数を考慮して 30 年、近代木橋は 50 年としている。

$$\text{木橋} : T = 15 Y \quad (T \leq 30 \text{ 年}) \quad (3)$$

$$\text{近代木橋} : T = 8.93 e^{0.57 Y} \quad (T \leq 50 \text{ 年}) \quad (4)$$

$$\text{指標値} : Y = P \times E \times S \times D \times C + M \quad (5)$$

式(5)に示した指標値 Y を構成する P, E, S, D, C, M の 6 つの各要因を表-1 に示す。例えば、 P の要因は P_1, P_2, P_3 のように各項目に細区分され、各項目に対して点数化がされている。それらの具体的な点数は参考文献 1)~4) に詳細に記述されているので、参照されたい。

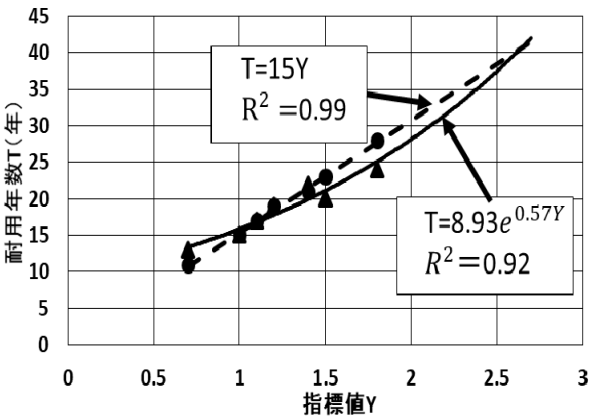


図-1 近代木橋と木橋の耐用年数の推定式

表-1 各要因の算定式

使用材料 P	$P = P_1 + P_2 + P_3$
周辺環境 E	$E = E_1 \times E_2$
構造形式 S	$S = S_1 \times S_2 \times S_3 \times S_4$
腐朽防止（構造） D	$D = 1.0$
腐朽防止（施工） C	$C = 0$
維持管理 M	$M = \sum (m \times N)$

3. 木橋と近代木橋の要因分析

式(3), (4)を用いて木橋と近代木橋の耐用年数を求めた。そして、木橋と近代木橋の耐用年数に対する各項目とさらに項目を細区分した各項目の影響度を把握するために要因分析を行なった。

キーワード 木橋, 近代木橋, 耐用年数, 推定式, 要因分析

連絡先 〒921-8501 石川県野々市市扇ヶ丘 7-1 金沢工業大学 工学部 環境土木工学科

3.1 対象橋梁

本田研究室では、図-2 に示すように角材・丸太の 770 木橋、集成材の 237 近代木橋の合計 1,007 橋が集積されている。その中で耐用年数を算出するデータが充足している木橋では 165 橋、近代木橋では 77 橋を対象とした。

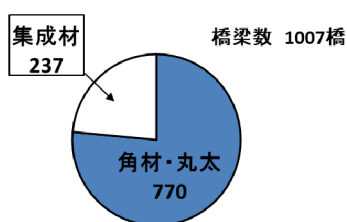


図-2 橋梁の比率

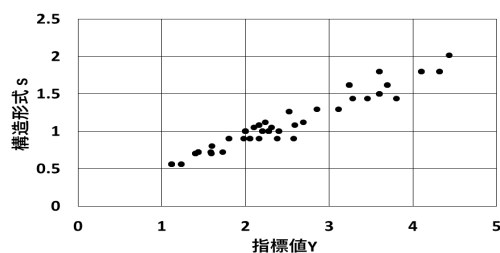


図-3 構造形式 S と指標値 Y の関係

3.2 近代木橋

図-3 に構造形式と指標値の関係を示す。両者に強い相関が見られる。しかし、使用材料や周辺環境は相関が弱い結果になった。そこで、構造形式の各項目に対する相関係数を図-4 に示す。著者らの数量化理論Ⅱ類での要因分析では屋根の有無が最も相関が大きい結果^{3), 4)}であったが、本分析では床版が最も大きい相関係数であった。これは、屋根の有無に関する近代木橋のデータ数が少ないことに起因していると思われる。また、床版形式の中でコンクリート床版の変動係数が最も小さくなる結果となり、図-5 にコンクリート床版の耐用年数の平均値が最も大きくなる事を示している。

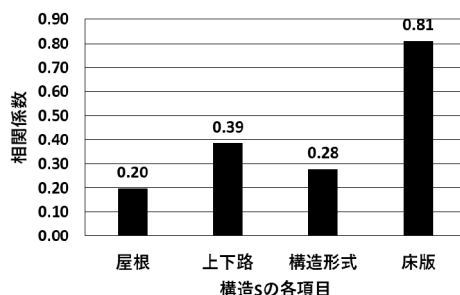


図-4 構造形式 S に対する相関係数

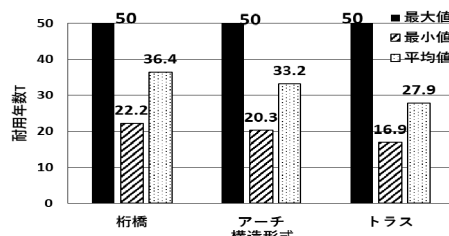


図-6 構造形式 S_{3i} の耐用年数

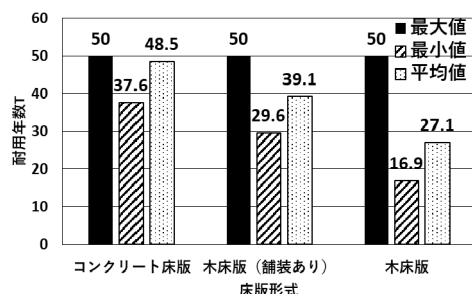


図-5 床版形式 S_{4i} の耐用年数

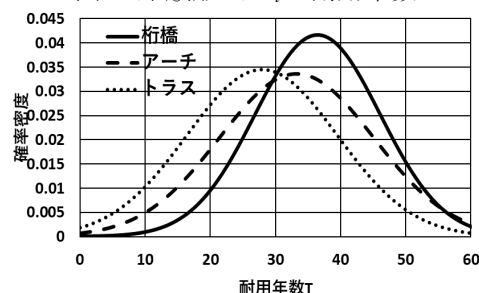


図-7 構造形式 S_{3i} の確率分布

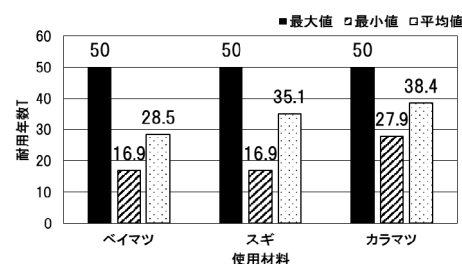


図-8 使用材料 P_{1i} の耐用年数

3.3 木橋

近代木橋と同様に構造形式、使用材料などについて分析を行った。その結果、図-9 に示すように桁橋の平均値が最も高い結果となったが、変動係数は最も大きい数値と示した。これは、他の橋梁形式に比べ圧倒的に個数が多い事に起因している。また、使用材料ではカラマツの平均値が高く、変動係数が最も低い結果となった。近代木橋と同様にカラマツが木橋を建設する上で、最も安定して耐用年数を長くすることが分った。近代木橋と木橋を比較した場合に予測式や対象データが異なっても同じ耐用年数の傾向を得ることが分かった。

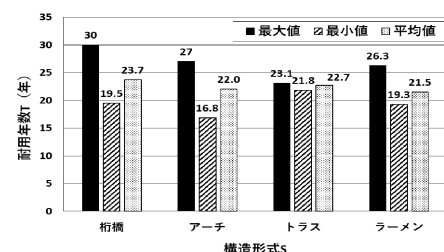


図-9 構造形式 S_{3i} の耐用年数

謝辞: 本研究のデータ分析等にご協力いただいた本田研究室の柴田大輔氏、藤永廉太郎氏に謝の意を表します。また、本研究の一部は科研費 17K06543 の助成を受けたものである。

参考文献: 1) JSCE 木材利用ライブラリー002: 木橋の耐用年数、土木学会木材工学特別委員会・木橋研究小委員会、2011 年。2) 土木技術者のための木材工学入: 土木学会木材工学委員会、pp.103-106、2017 年。3) 篠原己観郎・本田秀行・荒木昇吾: 近代木橋に対する耐用年数の推定法、構造工学論文集 Vol.61A、pp.578-584、2015 年。4) Hideyuki Honda and Shogo Araki: Applied method and Estimation of Durable years for modern timber bridges, Proc. of the WCTE, pp.1-8(CD-R), 2016。