

## 科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 24 年 5 月 28 日現在

機関番号：37111

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2008～2011

課題番号：20560436

研究課題名（和文） コストと耐久性を考慮した中規模木橋の標準設計手法の開発とその評価

研究課題名（英文） Development and evaluation for design method of middle span timber bridges considering their costs and maintenance

研究代表者

渡辺 浩 (WATANABE HIROSHI)

福岡大学・工学部・准教授

研究者番号：60244109

研究成果の概要（和文）：

近年復活しつつある木橋ではあるが、主桁等の継ぎ手部の耐久性はやはり課題である。そこで、実寸法の接合部モデルを風雨暴露下において設計荷重を常時載荷し、その挙動と劣化度の進行を調べた。また実在する木橋の劣化度の傾向について管理者へのヒアリングによりデータを蓄積した。これらを元に標準的な設計手法と留意点について提案するための資料を得た。

研究成果の概要（英文）：

Timber bridges are innovated constructed recently. However, poor durability is still problem on the joint members of main girder. Actual size joint members applied design load at all time were tested in the open air. Hearing investigation for bridge administrators were also carried out. Various knowledge of investigation, maintenance and better design method were stored.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2008 年度	1,800,000	540,000	2,340,000
2009 年度	500,000	150,000	650,000
2010 年度	500,000	150,000	650,000
2011 年度	800,000	240,000	1,040,000
年度			
総計	3,600,000	1,080,000	4,680,000

研究分野：橋梁工学

科研費の分科・細目：土木工学・土木材料・施工・建設マネジメント

キーワード：木橋、劣化、耐久性、木材利用

## 1. 研究開始当初の背景

近年、公共構造物においても木材が活用される例が多くなっている。これらは以下のような時代的背景によるものである。

地球レベルで取り組まれている CO2 削減では、排出源対策とともに吸収源としての森林の保全が重要とされている。ここで人工林が多い我が国では森林の保全はその資源の

有効利用と資金の森林への還元他に他ならない。このため総務省他 6 省から平成 16 年 2 月に「木材利用推進の取組について」が示される等、我が国でも国家を挙げた取り組みがなされるようになってきている。その中で例えば国土交通省は公共事業における木材の利用拡大を目標に掲げており、それらの取り組みの成果を目にすることが多くなってき

ている。

また従来の量を重視したインフラ整備に対して、近年では質もあわせて求められるようになってきている。学校の木造化や教室内装の木質化が推進されるように、木材はアメニティの面でも優れており、このことが身近な公共構造物への木材利用の動機ともなっている。

こうした中で、一時期ほとんど見られなくなっていた木橋も復活してきている。木材加工技術の革新的な進歩のたまものであるこれらの木橋は現在の示方書類を満足する性能を有しており、近代木橋とも呼ばれる。他の先進諸国においても林業と表裏一体となった木橋等の整備が進められており、高規格の木橋も架けられる等、公共構造物への木材の利用拡大は世界的なすう勢でもある。

こうした背景の下、木橋の整備が各地で鋭意進められているが、課題も残されている。それは割高と言われるコスト、そして耐久性の検証が不十分であることである。

このうちコストについては、現状ではコンクリート橋と比較して上部工費で 2~3 倍を要しているものもある。しかしながらそれらは、パイロット事業的であったり、木材利用のシンボルとして過度な装飾がなされたりする場合も少なくなく、それらによってコストが割高になっていることは否定できない。少なくとも短支間の単純桁橋であればそのコストはコンクリート橋と同等であることは代表者らの研究により明らかとなっている。

また耐久性に関しては、近年の木橋は木材防腐技術等の進歩により従来型に比べて飛躍的に向上しているが、新しい分その検証は十分とは言えない。しかしながら、橋梁のアセットマネージメントが議論される今では、これが曖昧である構造物は社会的には受け入れがたい状況にある。

ここで、代表者らは、橋梁工学、木質構造、木材保存のそれぞれの立場から連携して、さまざまな木橋のコスト、実設計、診断技術、耐久性評価の幅広い視野での研究に取り組んできた。以上の背景から、互いに異なる分野を専門とする 3 名の知見を統合することで木橋の新しい概念が提案できると考え、本研究の着想に至った。

## 2. 研究の目的

既往の研究より、短支間の木橋のコストは一般的なコンクリート橋等と変わらないことがわかっている。今後はやや支間が大きい 15~20m への木橋の適用が期待されているが、この場合主桁等の接合が必要となる。木部材の接合部では、繊維が連続していないため木

母材よりも荷重伝達能力が低く、鋼板ボルト接合が必要となるため雨水等による腐朽の原因にもなる。このため木橋の維持管理では、接合部の診断がきわめて重要であり、既設の木橋を対象にした診断とその評価が研究レベルでも鋭意行われている。しかしながら実橋では微小であっても損傷を伴うような診断方法は不適切であり、残存耐荷力の評価もできないなどその手法には限度がある。

そこで、木橋の接合部を模した部材を屋外に置き、常時設計荷重を載荷しながらその挙動を調べる試験を実施すると共に定期的に解体して詳細な調査を行うことでその劣化度についての検証を行う。合わせて、既設の木橋の管理者へのヒアリング等から実際の課題に関する情報も収集する。以上から、木橋の設計から維持管理までを実践レベルで検討し、コストと耐久性のバランスを備えた木橋を提案することを目的とする。

## 3. 研究の方法

スギ集成材のボルト接合部を模して、長さ 2m の片持ち式の曲げ接合試験体を 8 体製作した。引っ張り側に M16 ボルト 1 本を配置し、ボルト孔は 2mm 大きくした。ボルトには基準における設計荷重の 1/2 が作用するようにし、自重により生じる荷重に加えカウンターウェイトを載荷して調整した。接合基部にクラックゲージを貼付し、0.05mm 単位での変位をおおむね 2 週間毎に測定した。ただし、載荷初期の 1 週間のみ、変位計により連続的に測定した。試験体の半数を屋外に置き、風雨にさらされる状況で基部の変位を定期的に測定した。また、1 年毎に解体し、ボルト孔とボルト周りの劣化度を様々な手法で診断した。

あわせて、接合部の非破壊的診断の効果を検証するために、木橋古材を採集し各種診断を適用し、破壊試験を行って診断による残存耐力推定を試みた。

一方で、各地で架設され経年劣化が生じている木橋の状況を把握しつつ、維持管理の合理化を検討するために管理者へのヒアリングを行った。

## 4. 研究成果

片持ち式の曲試験体の長期載荷試験では、およそ 3 年間の挙動の変化が明らかになった。このうち屋外に置かれた試験体では、屋内に置かれた試験体よりも当初より変位が大きく、また長期的な変位の増加量も大きいことがわかった。また、接合部を解体し、外観目視、ボルト孔径の変化、超音波伝播速度、穿孔抵抗、ボアホールカメラによるボルト孔の目視等の手法で劣化度を推定した。その結果、

劣化を診断できる評価は得られなかったものの、屋外の試験体ではボルト孔の内部にカビの付着が確認された。これは雨水の浸入により生じたものであり、長期的には腐朽の原因になると考えられるため、この部分の防腐処理が重要であることがわかった。なお、除荷の際には屋外の試験体では変位の8割程度が、屋内の試験体ではほぼ全てが回復したことから、現状では変位の大半が健全であることを示す弾性変形であることもわかった。

数橋で使用されていたスギおよびボンゴシ古材から採取した小試験体を非破壊的に診断し、そのパラメーターで残存強度を推定する方法について検討を行った。その結果、診断が難しいとされるボンゴシは硬質であるため、明瞭なそう考えられることがわかった。スギは軟質でボンゴシほど明瞭ではないが、補修の是非を判断する程度の評価は可能であることがわかった。

1997年から2007年に大分県、熊本県、宮崎県で架設された木橋6橋について、劣化度の調査を行った上でそれぞれの管理者へのヒアリングを行い、管理者が劣化等の問題をどれほど把握できているか、どのような維持管理態勢になっているか、管理者の問題意識や保守工事の有無と方法について調べ、維持管理上の課題や問題点の考察を行った。

その結果、木橋に限ったことではないが管理者に維持管理の意識が乏しいこと、このため問題が生じるまで放置され対策が手遅れになる傾向があること、点検受注者も木材の特性を理解しておらず、ほぼ無意味な点検を行っている場合が多いこと、その一方で点検と補修を組み合わせた上手な管理がなされている例もあること等がわかった。

以上をとりまとめ、中規模木橋の点検や保守等の維持管理の合理化、および新設木橋にフィードバックできる知見を得ることができた。

## 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計7件)

①平沢 秀之、吉田 朋哉、小池田 悠加、渡辺 浩、木製トラス橋の性能確認試験と外観の経時変化について、木材利用研究論文報告集、Vol.10、pp.5-10、2011、査読無

②佐々木 貴信、後藤 文彦、千田 知弘、渡辺 浩、安部 隆一、熊谷 誠喜、オンサイト生産システムを用いた木製土木施設の施工、木材利用研究論文報告集、Vol.10、pp.56-61、2011、査読無

③H. Watanabe、An example of inspection and repair on decayed glulam arch bridge、The 11th

World Conference on Timber Engineering、CD-ROM、2010、査読無

④渡辺 浩、森 拓郎、小松 幸平、佐久間 太亮、スギ集成材と添え板鋼板による単位ボルト接合部の繰返し載荷実験、木橋技術に関するシンポジウム論文報告集、Vol.8、pp.29-36、2009、査読有

⑤宮武 敦、軽部 正彦、藤田 和彦、柳川 靖夫、孕石 剛志、渡辺 浩、原田 真樹、井道 裕史、平松 靖、長尾 博文、既設木橋を用いた各種補修技術とその効果の実験的検証、木橋技術に関するシンポジウム論文報告集、Vol.8、pp.85-90、2009、査読無

⑥渡辺 浩、藤田 和彦、宮武 敦、佐久間 太亮、用倉大橋の地覆と高欄材の健全度診断の検討例、木橋技術に関するシンポジウム論文報告集、Vol.7、pp.111-118、2008.8、査読有

⑦上月 裕、渡辺 浩、池田 元吉、谷川 充、木橋・外構木質構造物の利用上の問題点と検討、木橋技術に関するシンポジウム論文報告集、Vol.7、pp.57-62、2008、査読有

[学会発表] (計7件)

①渡辺 浩、池田 元吉、スギ材による木橋の維持管理を考慮したコスト的競争力の検討、第62回日本木材学会大会、2012.3.16、北海道大学

②渡辺 浩、今井 富士夫、九州のシンボルの木橋の維持管理の事例とその課題、平成23年度土木学会西部支部研究発表会、2012.3月4、鹿児島大学

③檜垣 新之輔、渡辺 浩、西本 尊、皿田 啓人、サザンイエローパイン材を用いた木橋健全度診断と安全性の検証、土木学会第65回年次学術講演会、CS5-013、2010.9.4、北海道大学

④渡辺 浩、城島 佑哉、守田 初彦、中村 拓也、木橋に使用されていた木古材の補修法とその効果の検討、土木学会第65回年次学術講演会、CS5-014、2010.9.4、北海道大学

⑤渡辺 浩、宮武 敦、藤田 和彦、外構古材の補強による曲げ耐力の向上について、第60回日本木材学会大会、PH-002、2010.3.19、京都大学

⑥渡辺 浩、佐藤 敬典、佐久間 太亮、森 拓郎、小松 幸平、スギ集成材ボルト接合部の破壊メカニズムについて、土木学会第64回年次学術講演会、I-338、2009.9.3、福岡大学

⑦渡辺 浩、藤田 和彦、宮武 敦、用倉大橋の高欄・地覆材の健全度診断について、土木学会第63回年次学術講演会、I-422、2008.9.11、東北大学

[その他]

ホームページ等

福岡大学工学部社会デザイン工学科橋と耐震システム研究室

<http://tbl.tec.fukuoka-u.ac.jp/hashii/>

## 6. 研究組織

### (1)研究代表者

渡辺 浩 (WATANABE HIROSHI)  
福岡大学・工学部・准教授  
研究者番号：60244109

### (2)研究分担者

土居 修一 (DOI SHUICHI)  
筑波大学・生命環境科学研究科・教授  
研究者番号：20279508

### (3)連携研究者

小松 幸平 (KOMATSU KOHEI)  
京都大学・生存圏研究所・教授  
研究者番号：20283674