

木歩道橋の試設計とコスト評価の一例

The trial design and cost evaluation of timber pedestrian bridges

上月裕* 渡辺浩** 加藤雅史***

KOUZUKI Yutaka, WATANABE Hiroshi and KATO Masafumi

*工修 熊本県阿蘇地域振興局土木部 (〒862-8570 熊本県阿蘇郡一ノ宮町宮地 2402)

**博(工) 熊本大学大学院自然科学研究科 (〒860-8555 熊本市黒髪 2-39-1)

***工博 九州東海大学工学部 (〒862-8652 熊本市渡鹿 9-1-1)

ABSTRACT It is cost and durability that often become a problem when timber bridges are constructed. Although many timber bridges built up until now had expensive extra values, such as amenity, overall the evaluation of simple timber bridge was not made. Then in this research, the trial design of the timber bridge was carried out as an example of a small-scale pedestrian bridge in the park. The cost evaluation of them was calculated from the life cycle costs (the initial cost to build and the maintenance costs) in terms of durability.

Keywords: 木歩道橋、ライフサイクルコスト、維持管理
timber pedestrian bridge, life cycle cost, maintenance

1. 木橋のコストの現状と検討の要旨

近年、アメニティが重視される公園等において、一時期ほとんど見かけなかった木橋が多く見られるようになってきた。また木材は人のみならず環境にも優しい素材としても注目されてきており、その利用拡大のモデルとなるような大規模な車道橋も架設されるようになってきている。これらの木橋は設計・加工・防腐技術の進歩により大型化、重交通化、そして耐久性向上が図られており、旧来型の木橋とは隔世の感がある。しかしながら、実務者レベルにおいては木橋の採用を躊躇する声が少ないのも事実である。そして、それらを集約すると、初期コストの高さと耐久性に関する疑問ということになる。ところが、それらにはアメニティ、ランドマーク、シンボル等さまざまな付加価値が付与されており、厳密な意味でコスト的検討はなされ得ないままにコ



写真-1 小規模歩道橋の例

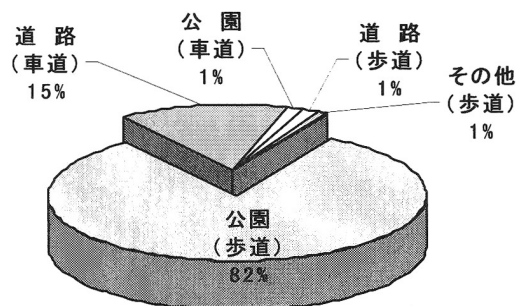


図-1 木橋の設置箇所と用途 (熊本県)

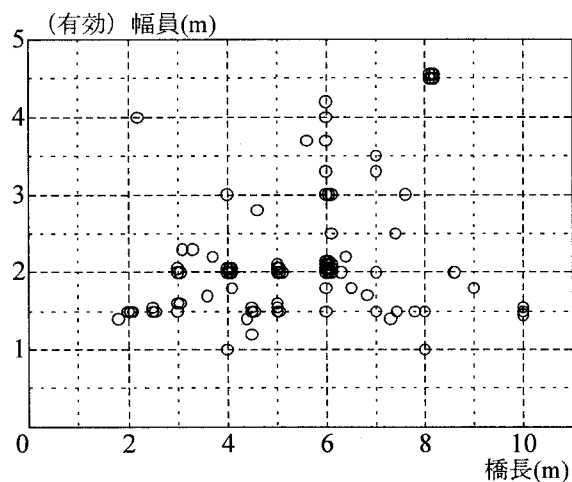


図-2 公園の歩道木橋の橋長（各径間）と幅員

表-1 公園構造物の耐用年数

	木製	その他 (コンクリート等)
パーゴラ	10年	20年
ベンチ	7年	7~20年
木製遊具	10年	—
便所	15年	20年
案内板	7年	10年

公園管理ガイドブック¹⁾より

表-2 減価償却から見た耐用年数

資産名	耐用年数
木橋	15年
コンクリート製栈橋	30年

減価償却資産の耐用年数表より

ストレベルが評価されているという一面がある。またこれらの木橋は比較的新しいため維持管理に関する事例が少なく、このことが維持管理の煩雑さや耐用年数に関する不安を増長しているとも考えられる。

そこで本研究では、公園に位置する小規模な歩道橋を例に木橋の試設計を行って初期コストを求めるとともに、目標耐用年数に基づいた維持管理計画と費用を定義してライフサイクルコストを求め、耐久性も考慮した木橋のコスト評価を試みた。

2. 架設地点と条件の設定

試設計の条件設定にあたっては、一般に適用しやすいスペックであること、適切な機能とアメニティを兼ね備えたものとする等考慮し、下記に示すような条件を設定する。

① 架設地点は、公園の園路に位置する小規模な歩道橋とする。

形状は、単純桁橋で高欄は設けない。橋長は2m 5m 8m、有効幅員は1.8mとする。

平成13年に熊本県でおこなった木橋に関するアンケート調査の結果を図-1、図-2を示す。県内の大多数の木橋が2m~8mの公園にかかる単純桁橋であった。また、今回の設定したような架設地点では、桁下の高低差が小さく転落防止を考慮する必要がない場合が多いことやユニバーサルデザイン²⁾の観点から、高欄は設けず車イスの転落防止のための地覆を設け、車イスがすれ違える有効幅員1.8mを確保する。

□使用樹種は、スギとする。

安価かつ適度な耐久性を有しており入手も将来に渡り容易であると思われること、国産材利用促進の観点も考慮する。一般に流通している程度の強度と寸法の材料を利用することを前提とする。

□目標耐用年数15年タイプと30年タイプを想定する。

表-1、表-2により、風雨に曝される公園等の木構造物に対する耐久性は、最大でも10年程度しか期待されておらず、原価償却からの観点からも15年での更新が妥当であるとされている。このことから、標準的な仕様の木橋の耐用年数を15年と想定する。あわせて、耐用年数30年程度の高耐久仕様についても検討する。(以下、標準的な仕様の木橋を15年タイプ、高耐久仕様を30年タイプと呼ぶ。)

□荷重他の設計条件は現行の示方書等^{3) 4) 5) 6)}を踏襲する。

想定する木橋が、広く採用され得るものとするため、設計にあたっては荷重等の関連法規は遵守する。

3. モデル橋の設計の方針と試設計

前述の設計条件に基づいてモデル橋の試設計を行う。木橋の各試設計例における設計の方針を表□3にまとめる。

上部工については、木橋のコストのレベルが相対的にどの程度なのかを知るため、比較対象として同様のスペックを有する一般的な橋の試設計も行う。この形式を以下一般橋と呼ぶ。通常この規模ではコンクリート橋が採用され、また現場工期短縮によるコストダウンを期待して、プレキャスト製品を用いたトラッククレーン架設がなされる。ここではプレキャスト製品のラインナップを考慮して2mと5mではPC版を、また8mではプレテン形式スラブ桁を使用する。ただしPC版を用いた2mと5mでは製品規格の関係から有効幅員が2.2mとなっている。

橋台は一般に重力式となるが、公園内の小規模歩道橋に道路橋の基準を適用すると、下部工が巨大化し不経済となることから、簡易的な下部工として枕式橋台を提案する。底板は、設置箇所 の 極 限 支 持 力 (地 耐 力) を 200kN/m² 程 度 確 保 可 能 (N 値 で 20 相 当) も の と し、安 定 計 算 に よ り 形 状 を 計 画 す る。桁 か かり 長 は 道 路 橋 示 方 書 (耐 震 設 計 編) に よ れ ば 70 数 cm を 確 保 す る 必 要 が あ る が、同 様 の 理 由 で 30cm 程 度 と す る。ま た 中 規 模 地 震 に 対 す る 変 位 制 限 装 置 と し て は ア ン カ ー ボ ル ト を 基 本 と す る が、PC 床 版 に つ い て は 上 部 工 側 に ア ン カ ー を 設 置 す る こ と が 困 難 で あ る た め、規 模 ・ 重 量 よ り パ ラ ペ ッ ト に て ず れ 止 め と す る。こ れ ら の 試 設 計 の 結 果 を 表 - 4 に 示 す。図 - 3 は 一 般 図 の 一 例 で あ る。

表-3 木橋の各試設計例における設計の方針 (その1)

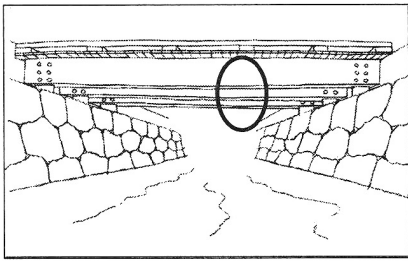
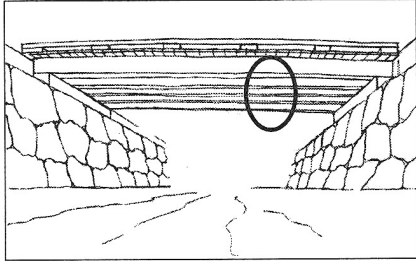
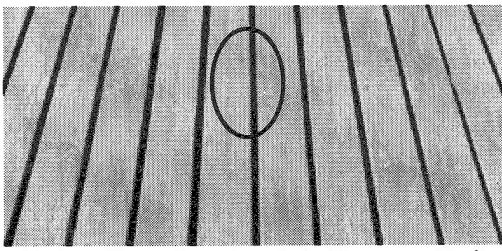
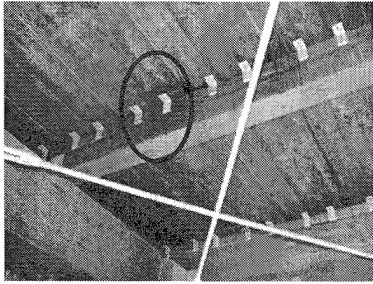
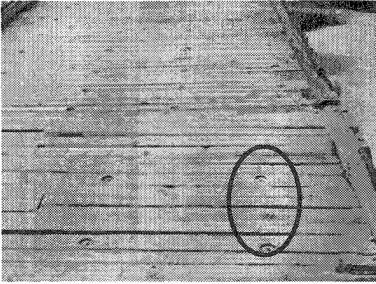
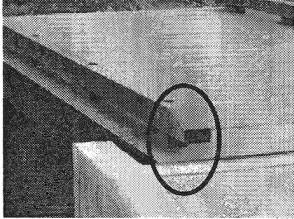
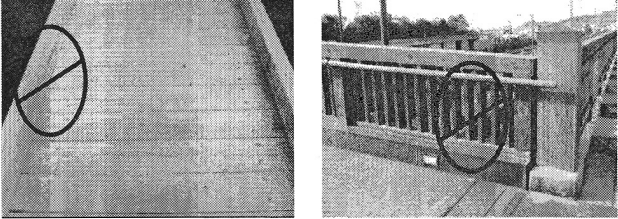
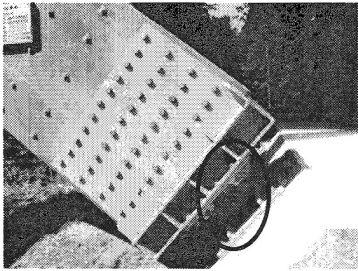
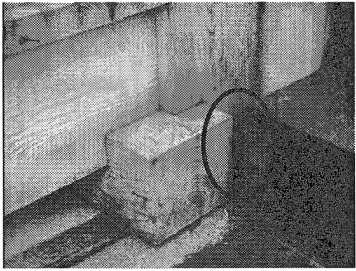
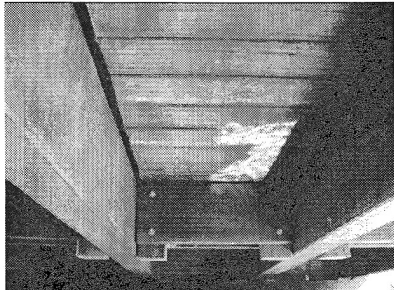
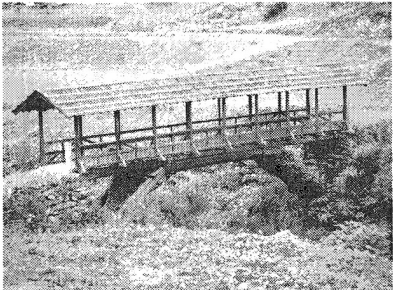
	30年タイプ (高耐久仕様)	15年タイプ (標準仕様)
目標耐用年数	30年	15年
主桁材料	<ul style="list-style-type: none"> ○集成材 ・若干高価 ・長くても入手容易 ・管理も容易 	<ul style="list-style-type: none"> ○製材 ・安価 (長いと高価) ・長くなれば、入手困難 ・管理が難
主桁数	<ul style="list-style-type: none"> ○3主桁 (8mでは4主桁)  <ul style="list-style-type: none"> ・少数主桁を基本 	<ul style="list-style-type: none"> ○5主桁  <ul style="list-style-type: none"> ・万々に備え多めに
床版	<ul style="list-style-type: none"> ○人工乾燥材を利用  <ul style="list-style-type: none"> ・加工精度の善し悪しが目立ち易いので注意 ・床版間には、5mm程度隙間をあけておく 	

表-3 木橋の各試設計例における設計の方針（その2）

	30年タイプ（高耐久仕様）	15年タイプ（標準仕様）
主桁と床板の固定方法	<p>○下面から固定</p>  <ul style="list-style-type: none"> ・耐久性上有利 ・維持管理は煩雑 	<p>○床面上面から固定</p>  <ul style="list-style-type: none"> ・耐久性上不利 ・維持管理上は有利 ・ネジ止めする（釘は用いない）
地覆	<p>○水まわりに注意</p>  <ul style="list-style-type: none"> ・排水隙間を空ける。 	 <ul style="list-style-type: none"> ・高欄は設けない
支承構造	<p>○接地させない</p>  <ul style="list-style-type: none"> ・通気性の確保 	<p>○木製枕桁式</p>  <ul style="list-style-type: none"> ・腐朽しやすいので注意
組み立て	<p>○工場製作・一括架設</p> <ul style="list-style-type: none"> ・小規模で重量が小さい ・工期短縮と製作精度の向上 	
防腐処理	<p>○防腐剤を加圧注入あわせて表面保護塗装を行う</p>	
雨仕舞い	<p>○水を溜め込まない</p>  <ul style="list-style-type: none"> ・主桁上には、防水シートを布設 	 <ul style="list-style-type: none"> ・全体に屋根をかける

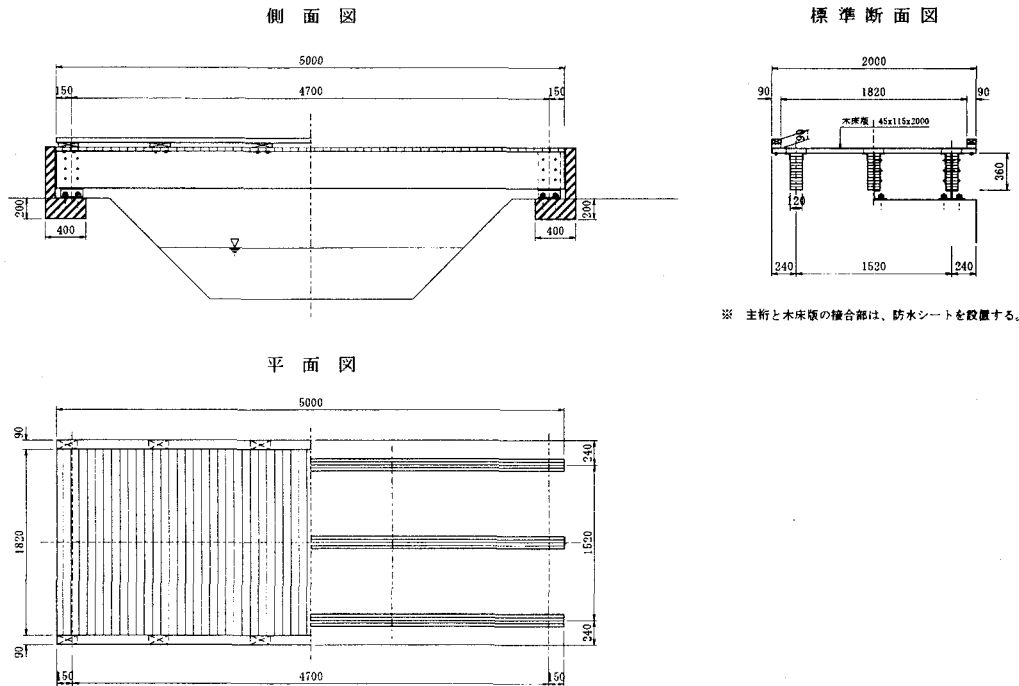


図-3 試設計例 一般図 (30年タイプ 橋長 5m)

表-4 モデル橋の設計諸元

種類	橋長 (m)	上部工						下部工		
		主桁			床版		総重量 (kgf)	寸法 (H×D×H) (m)	容積 (m ³)	
		幅 (mm)	高さ (mm)	主桁数	幅 (mm)	高さ (mm)				
木橋 30年 タイプ	集成材	2	120	180	3	80	40	225	2.6×0.4×0.2	0.24
		5	120	360	3	115	45	831	2.6×0.4×0.2	0.24
		8	150	480	4	115	45	1,776	2.6×0.7×0.3	0.60
木橋 15年 タイプ	製材	2	90	90	5	100	30	139	2.6×0.4×0.2	0.24
		5	150	210	5	80	40	634	2.6×0.4×0.2	0.24
		8	210	300	5	80	40	1,570	2.6×0.7×0.3	0.60
種類	橋長 (m)	有効幅員 (mm)		床版厚 (mm)	総重量 (kgf)	寸法 (H×D×H) (m)	容積 (m ³)			
一般橋	PC版	2	2,200		50	1,379	3.0×0.4×0.2	0.27		
		5	2,200		100	5,296	3.0×0.7×0.4	0.87		
		8	1,800		400	23,102	2.6×1.6×0.7	3.02		
			プレテン方式スラブ							

4. 初期コストの検討

まず初期コストについて検討する。なお、以下工費についてはすべて直接工費の70%の間接工費も含めた総工費で検討する。

図4は工費と橋長の関係を図示したものである。まず、上部工工費であるが、木橋の上部工費はいずれの橋長においても一般橋以下、あるいは同等であることがわかる。15年タイプが最も安価であるが、橋長が長くなると優位性が減少しているのは主桁用の製材が長く断面も大きいため高価であることによる。一方で30年タイプが15年タイプよりも高価なのは補助金物の使用量が多く、その加工費によるところが大きい。また、下部工工費については、軽量である木橋は下部工費が占める割合は小さい。これに対して一般橋は重量が大きいため、特に橋長が大きくなると相対的な費用も大きくなる。総工費についても、下部工費の占める割合があまり大きくないため一般橋の橋長8mを除いて上部工費と大きく変わらない。

図5は、上部工費をm²あたりの単価で整理し、橋長との関係を示したものである。この図よ

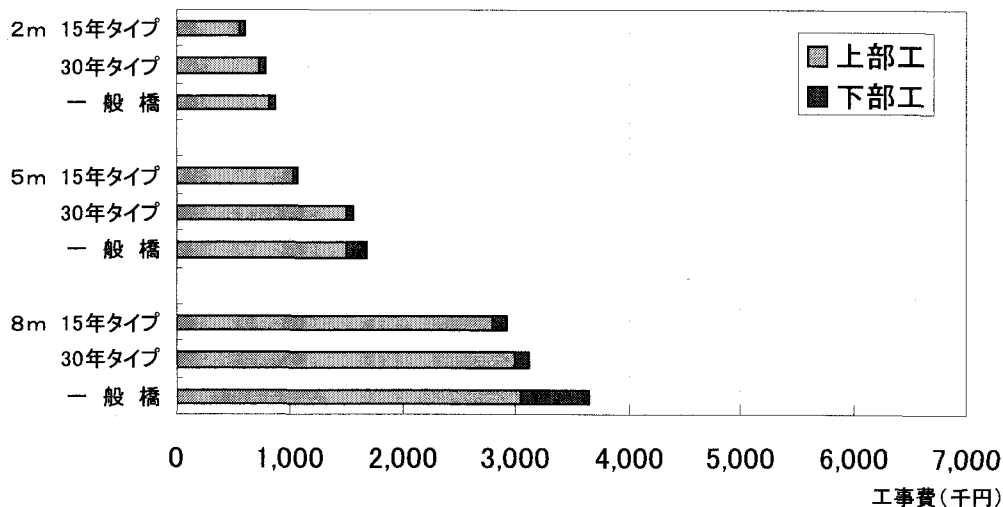


図-4 初期コストの比較

り、木橋の単価は10~20万円/m²程度であり、価格競争力の面でも十分な魅力を持っていることがわかる。図中には既存の木橋の事例もプロットされているが、ほとんどの事例がここで示した試設計例よりも高価であることもわかる。試設計例では高欄が設けられていない等の諸条件の違いはあるが、構造以外の要素、すなわちデザイン的な付加価値分もかなりの部分を占めていると考えられる。

5. ライフサイクルコストの検討

以上の検討により木橋の初期コストは一般的に見ても決して高価なわけではないことが示された。しかしながら木橋は維持管理に要する費用や労力が大きく、それらを考慮すると結局は高価なのではないかという疑問も生じる。そこで、供用期間に必要となると考えられる点検・維持管理・補修の計画を立案し、それらに要するコストを含めたライフサイクルコストの観点から、中長期的な木橋の価格競争力について

検討した。表5は目標供用期間中に想定される維持管理と補修の内容と実施頻度を示したものである。この前提にもとづきトータルコストの推移の例を示したものが図6である。また、図7、図8は目標供用期間15年、30年における各タイプのライフサイクルコストの内訳を示す。ただし、一般橋については目標供用期間が経過した時点で木橋と同様に撤去するものと考えている。15年タイプ、30年タイプ共に、初期コストは一般橋と比較して小さいが、維持管理用を加えていくとその差は小さくなる。橋長2m、5m場合においてライフサイクルコストは、目標供

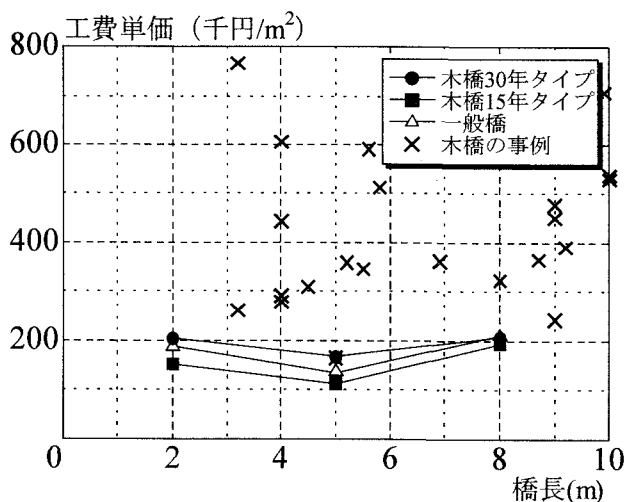
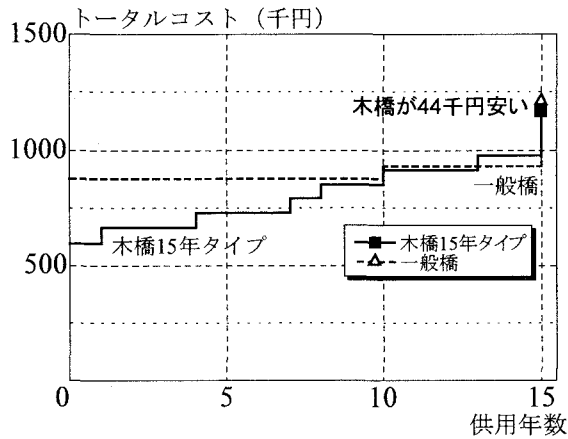


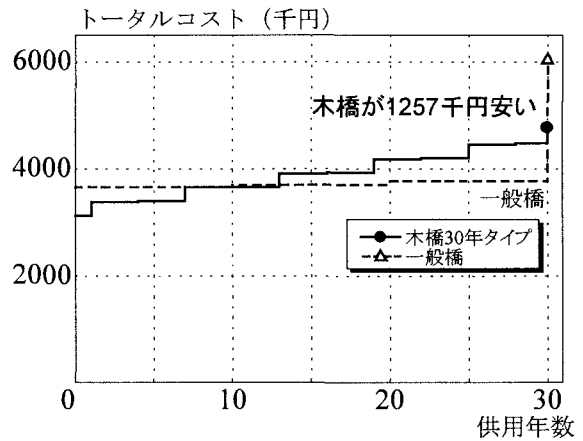
図-5 上部工単価と事例との比較

表-5 維持管理・補修の実施頻度

種類	点検	塗装	床版取替
木橋 30年タイプ	当初1年 以後3年毎	当初1年 以後6年毎	—
木橋 15年タイプ	当初1年 以後3年毎	当初1年 以後3年毎	8年後に 1回
一般橋	10年毎	—	—

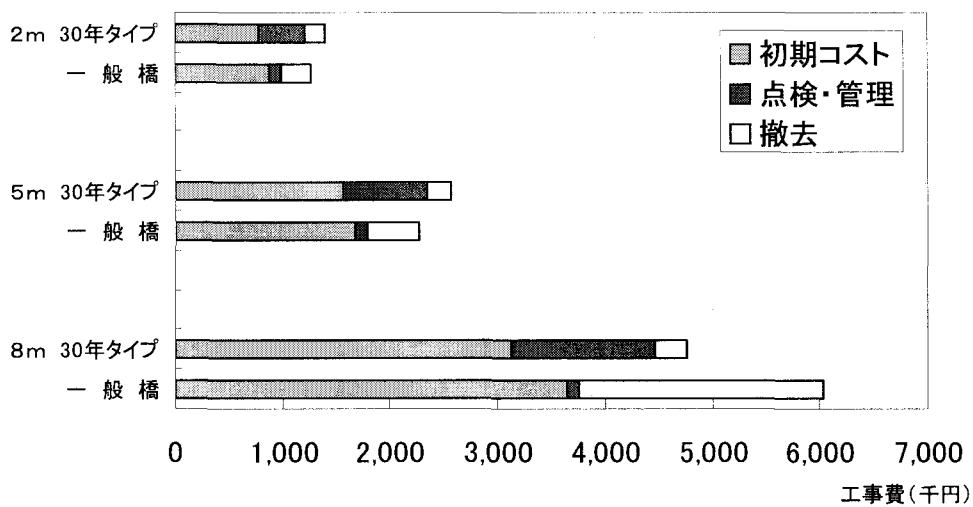
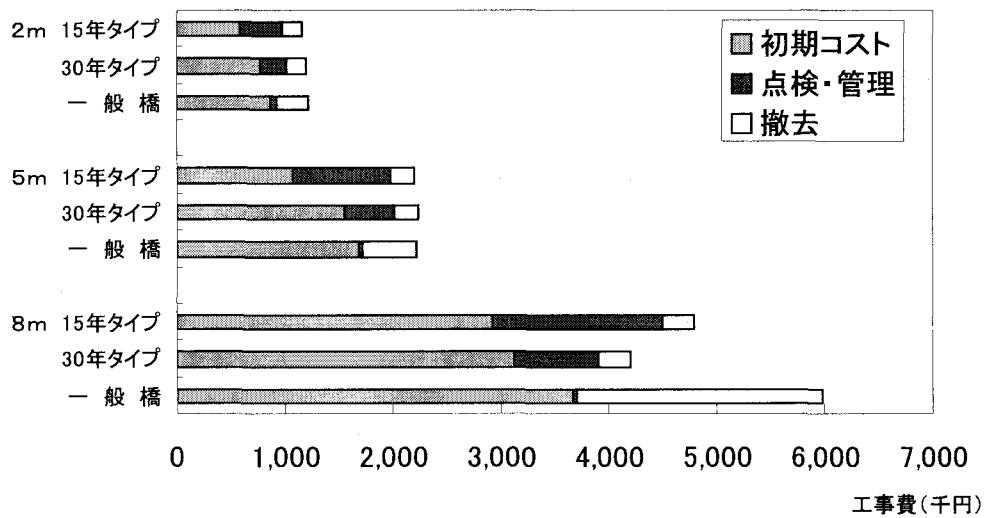


(a) 橋長 2m 目標耐用年数 15 年の場合



(b) 橋長 8m 目標耐用年数 30 年の場合

図—6 トータルコストの推移の例



*15 年タイプについては目標耐用年数を超えることから、比較の対象とはしていない。

図—8 目標供用期間 30 年の場合のコスト比較

表-6 評価のまとめ (公園の歩道橋として)

	木橋 30年タイプ	木橋 15年タイプ	一般橋
実績	○ 実績あり	○ 実績あり	◎ 実績多数
景観・調和	○ 良好	○ 良好	△ 場合によって
アメニティ	○ 良好	○ 良好	× 画一性
耐久性	△ 適切な対処により	△ 適切な対処により	○ 良好
維持管理労力	△ それなりに	× 大きい	○ 小さい
初期コスト	△ やや高価	○ 最も安価	△ やや高価
ライフサイクルコスト	○ 十分なレベル	○ 15年間なら	○ 長いと難あり
総合評価	ソフト・ハード両面 ○ 面でトータルバランスは最高	目標供用期間が明らか ○ らかで維持管理も可能なら	斬新性はない ○ ものの管理労力は最小

15年の場合、3橋ともほぼ同等であり、目標供用期間30年の場合、30年タイプは一般橋より大きくなるがその割合は約10%と小さい。8mの場合においては、初期コスト、維持管理費、撤去費のトータルバランスの良い30年タイプが最も有利となり、重量のある一般橋が最も不利となった。

以上で検討した木橋のコスト評価を公園の歩道橋としての一般的な評価とあわせてまとめたものが表-6である。これらより、各タイプについて以下のように整理できる。

- ① 15年タイプは、維持管理や補修の頻度が高いことから、橋長や供用期間に維持管理費が影響を受けやすいが、初期費用が小さいため、一般橋や30年タイプと比較してもライフサイクルコストの観点では大差ない。
- ② 30年タイプはトータルバランスが良く、ライフサイクルコストの観点からは利用価値は大きい。
- ③ 一般橋は、初期コストが大きいものの維持管理費が小さいため、供用年数が長くなると有利になる。逆に、撤去・廃棄費用が大きいため、橋長が長くなると不利となる。

6. まとめ

このように、木橋は景観やアメニティの面でのニーズは高いが、耐久性や維持管理、そして実績を考慮すると有利とは言いがたい。しかしながら、コストでも一般的な橋と比較して不利と考えられたものの、初期コスト、またライフサイクルコストの両面で一般的な橋とほぼ同等のレベルにあることが明らかとなった。公園内の歩道橋に対しては様々な価値観があり総合的な評価は容易ではないが、この程度の規模であれば木橋は一般的な橋と比較して、あらゆる面で遜色ないレベルにあると考えてよいであろう。今後、このような木橋の事例が増え、これらの成果の裏付けとさらなる進歩が期待される。

謝辞 本研究は九州橋梁・構造工学研究会(KABSE)九州における木橋の現状と技術に関する研究分科会(主査:渡辺)の成果⁷⁾をもとにまとめました。関係各位に記して感謝いたします。

参考文献

- 1) (財)公園緑地管理財団:公園管理ガイドブック,1985.
- 2) 建設省都市局公園緑地課:みんなのための公園づくり,1999.
- 3) (社)日本道路協会:道路橋示方書・同解説,2002.
- 4) (社)日本道路協会:立体横断施設技術基準・同解説,1979.
- 5) 日本建築学会:木質構造設計基準・同解説,2002.
- 6) (財)日本住宅・木材技術センター:木橋づくり新時代,1995.
- 7) 九州橋梁・構造工学研究会:木橋のコストと技術評価,2003.