

プレキャストセグメント方式 木・コンクリート死活荷重合成桁橋の提案

A suggestion for composite timber-concrete bridge by precast-segment method

○荒木昇吾* 曹西**
ARAKI Shogo, XI Cao

*工修 大鐘測量設計株式会社 (〒427-0019 静岡県島田市道悦5-4-44)
**博(工学) 信州大学工学部社会開発工学科 (〒380-8553 長野県長野市若里4-17-1)

ABSTRACT Design Criteria for timber bridge have been developed in 2002 at Nagano Prefecture. The composite superstructures introduced in the criteria are constructed by casting in-place concrete decks on timber beams, taking into account the liveloads in the design. In order to shorten the term and reduce the energy spent in construction site, a method to design a composite timber-concrete bridge taking into consideration of the deadloads and liveloads is proposed in the paper. By the method, a T-beam cross section is utilized with the web being made of timber and the top flange, made of concrete. The feature of the suggested method is that all composite T-beam blocks are wholly precasted. The advantages of the suggested method could be clearly seen from the statement, which is given from the viewpoints of durability, cost reduction and environmental protection in the paper.

Keywords : 木・コンクリート合成桁橋、環境負荷軽減、経済性、社会技術
*composite timber-concrete bridge, reduction of environmental burdens,
cost reduction, social technology*

1. はじめに

我が国における建設市場の縮小傾向は、社会・経済的影響を受けて回避することのできない状況下にある。加えてエンドユーザーの意識変化も生じ、「造る側」から「使う側」の論理を優先させることが前提となる。

よって、これからの社会資本整備のあり方としては、いかにして社会的要求を満たす、社会的負荷を軽減させる技術（社会技術）を提供するかが重要であると思われる。

現在我が国の抱える社会問題のひとつとして国土環境の劣化が挙げられ、国土保全に関する社会技術が求められている。先般の京都議定書の発効に伴う二酸化炭素等排出量の総量規制等は、社会資本整備に新たな一面を付加し、これまでのLCC解析とは異なる価値尺度である環境負荷軽減が今後の大きな課題のひとつと思われる。

環境負荷軽減の施策としては、木材に代表されるエコ・マテリアルの有効利用が挙げられ、国土交通省においても、公共事業における木材の利用を推進している。

木材の有効利用に関する取り組みのひとつとして、平成14年度に長野県林務部において「長野県林道木橋標準設計¹⁾」が作成された。標準化された橋梁は、主部材をからまつ集成材とした床版橋形式、桁橋形式の2形式であり、いずれも場所打ちRC床版に屋根の機能を保有させている。

桁橋形式については、活荷重合成構造を採用し、剛性の高いコンクリートと木桁との合成効果により合理性を得ているが、現場工期および作業の省力化を考えると、木桁がプレキャスト部材であることから、床版部材についてもプレキャスト化を行うことでさらなる合理性を得ることが可能であると考えられる。

本論は、コンクリート橋におけるPCT桁形式に倣い、プレキャストセグメント方式を採用することによる木・コンクリート死活荷重合成桁橋を提案し、その可能性を耐久性・環境性・経済性の観点から論じるものである。

2. 耐久性

木橋を車道橋に適用する場合、耐久性に関する問題点としては以下が挙げられる。

問題点①；従来のボルト接合部における荷重繰り返し作用に起因するゆるみ・変形

問題点②；雨露による湿潤・乾燥の繰り返し作用に起因する部材の腐朽

問題点①は、木材の局所変形に起因するものであり、接合部の機構を変更することで解決できる。ここでは木車道橋においても実績のある、過荷重に対し復元能力の高いNSP工法²⁾(図1-b)を採用する。このことで、従来のボルト接合において懸念されるゆるみや変形が生じず、かつボルトによる欠損控除が不要となる。

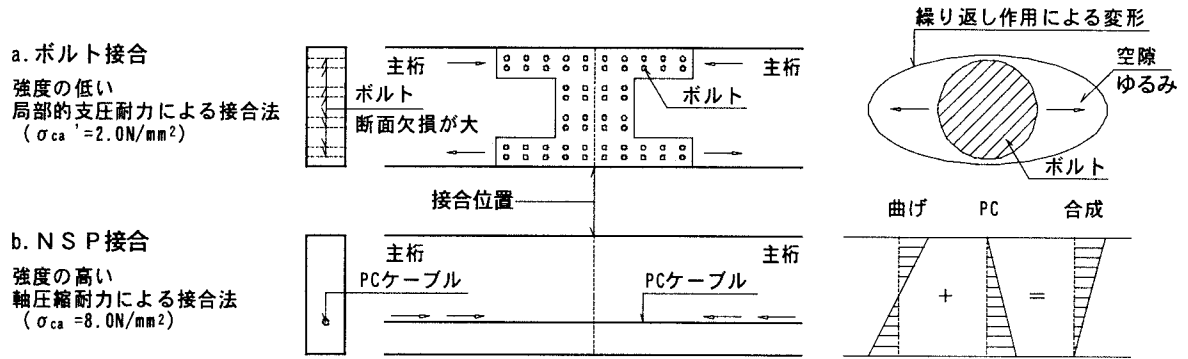


図1 主桁の接合方法

問題点②は、防腐性能の高い薬剤の開発により解決できるが、ここでは構造的対応を基本とする。国内外の橋や建築物を参考にすると、簡便かつ効果的な腐朽対策は「屋根」と考えられることから、コンクリート床版を採用し、屋根の機能を保有させる構造とした(図2)。輪荷重の影響を直接受ける床版に、剛性の高いコンクリートを採用することは、橋梁としての耐久性を向上させるとともに、主桁との合成効果を得ることでより合理性が得られると思われる。

木材とコンクリートの合成構造は「長野県林道木橋標準設計¹⁾」に場所打ちRC床版との活荷重合成桁橋が規格化されているが、ここではコンクリート橋におけるPCT桁形式に倣い、合成T桁セグメントを工場製作し、現場にて桁組・架設する手法を提案する(図3)。本手法により全部材のプレキャスト化が図られることから、現場作業の省力性が得られるとともに、死活荷重合成構造となることでさらなる合理性が得られると思われる。

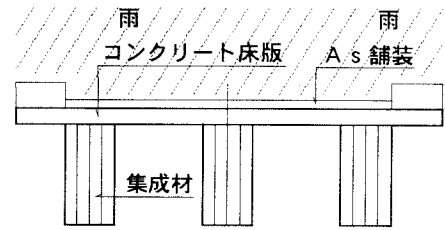


図2 雨露対策

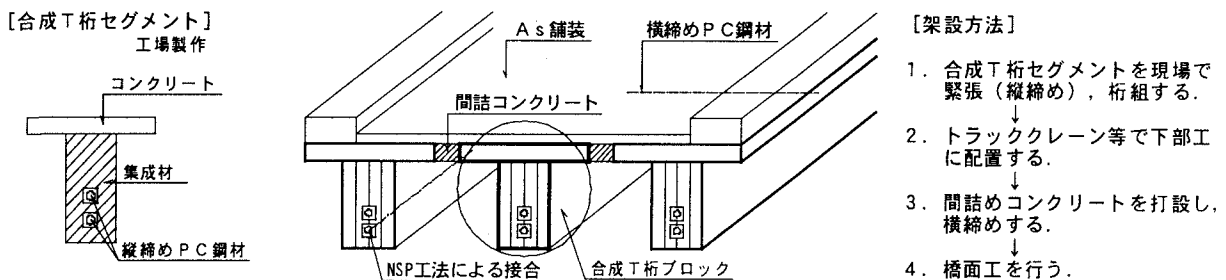


図3 提案する橋梁形式の概要

3. 環境性

集成材は製造時の二酸化炭素排出量や加工エネルギーが共に少ない等、エコ・マテリアルとしての特徴（図4）を有している。ここではそれを定量的に評価するために、表1に示す材料別製造時二酸化炭素排出原単位³⁾において、木橋（本形式）、PC橋、鋼橋について排出量を試算し、その結果を比較する。

エコ・マテリアル

1. 生産に要するエネルギー量が少ない
2. 生産過程で環境汚染が少ない
3. 原材料が再資源化できる
4. 資源を過剰に消費しない
5. 廃材が再利用できる
6. 最終処理段階での環境汚染が少ない
7. 原材料の持続的な生産ができる
8. 人体に悪影響をもたらさない

図4 エコ・マテリアルの要件

表1 材料別 CO₂ 排出量 (kg・CO₂/t)

	排出量	貯蔵量	合計
集成材	880	-1820	-940
コンクリート	770	0	770
鋼材	1250	0	1250

ここに、図5に示す橋梁モデル（橋長 L=25.0m、有効幅員 W=1.5m）において算出した橋種別の架設時二酸化炭素排出量³⁾を表2に示す。

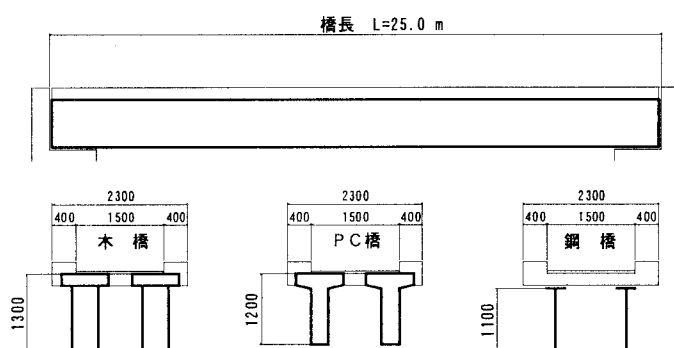


図5 二酸化炭素量算出モデル

表2 橋種別架設時 CO₂ 排出量 (t・CO₂)

	資材消費			運搬	施工	合計	乗用車換算(台)
	排出量	貯蔵量	小計				
木橋	11	-24	-13	1	2	-10	-8
PC橋	14	0	14	3	4	21	17
鋼橋	19	0	19	2	3	24	19

注) 乗用車換算は、5000km/台・年とした。

- (マイナス) の値は貯蔵量を意味する。

表2より、PC橋、鋼橋ともに概ね同程度の排出量であるが、PC橋では運搬・施工時に多く、鋼橋では資材消費時に多い結果が得られた。これは、PC橋では重量が大であること、鋼橋では鋼材を製造する際の加工に要するエネルギー消費がその要因であると思われる。

一方、木橋の場合は資材消費時、運搬時および施工時に最少の結果が得られた。素材である木材から集成材を製作する際に、加工に要するエネルギー消費により二酸化炭素が排出されるが、木材の特質である加工の容易性が消費エネルギーを軽減し、軽量であることが運搬・施工時の負荷を減じた結果であると思われる。

また、木材の特質である二酸化炭素固定化能力を考慮した場合、資材消費時、運搬時、施工時の合計排出量は貯蔵量を下回る。つまり、上部工の架設においては二酸化炭素排出量が打ち消されることを示している。

よって、鋼やコンクリートと異なり、これらの性質を有する集成材を構造材料のひとつとして活用することは、二酸化炭素に起因する環境負荷の軽減に対し、有効な手段であると考えられる。

4. 経済性

本年度の国土交通技術会議においては、社会資本整備における環境負荷軽減とともに、事業費が減少傾向にある現在、コスト削減技術に関しても主要なテーマとされている。ここでは、RC床版を有する木橋（非合成・活荷重合成構造）、本橋梁形式、PCT桁橋、鋼非合成I桁橋について、図6に示す橋梁モデルにおける概算工事費を算出・比較することにより、本形式の経済性を示す。

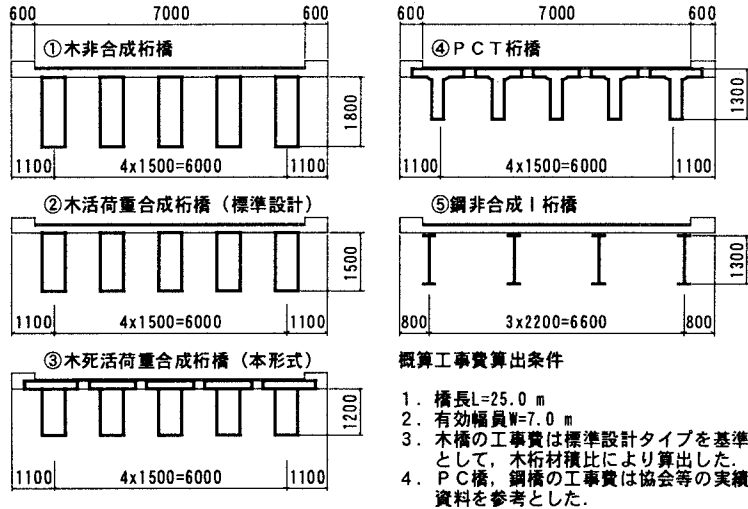


図6 概算工事費算出モデル

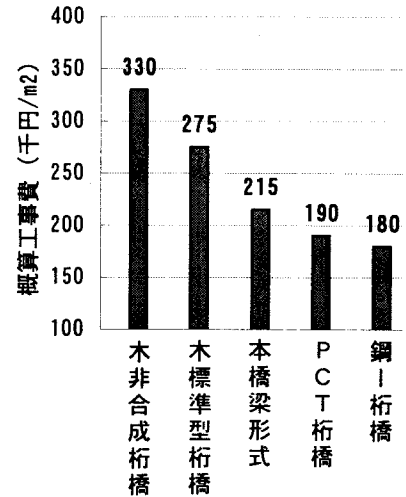


図7 概算工事費

図7に各橋梁形式の概算工事費の比較を示す。本形式は実績の多い標準設計タイプに比べ、20%程度のコスト削減が可能であると思われる。木橋の工事費は集成材が高価格であるために木部材積がその支配的要因となる。よって、本論で提案する橋梁形式は、木橋におけるコスト削減に関して有効であると考えられる。また、他橋種に比べ若干割高であるが、今後の事例の増加、積算基準の整備、さらに前節に示した環境負荷軽減の要素を内包することを考慮すると、十分に比較の一案に成り得ると思われる。

5. おわりに

本論は、社会資本整備における環境負荷軽減を目的とし、本論で提案する木・コンクリート死活荷重合成桁橋の耐久性・環境性・経済性を論じた。以下に本論の結論を示す。

①耐久性については、コンクリート床版を用いることにより、輪荷重による外的損傷、雨露による腐朽の両面に対し飛躍的な向上が期待できるとと思われる。

②環境性については、上部工架設段階における二酸化炭素排出量において、その有効性を示した。より正確な環境性能の把握には、供用時・廃棄時を含めた解析が必要と思われる。

③経済性については、木橋に関する歩掛り等が存在しないことから、実績との材積比により算出した概算工事費において比較した。他橋種に比べ高価格の結果が得られたが、今後の積算基準等の整備や環境負荷軽減に関する評価手法の確立により、その差が埋められることを期待する。

木橋計画が旗艦となり、全ての社会資本整備において環境負荷が軽減されることを望むとともに、本論文の結びとする。

参考文献

- 1)長野県林務部：長野県林道木橋標準設計、2002。
- 2)NSP 工法資料：NSP 工法研究会、2003。
- 3)深山清六他：構造用集成材の適用範囲の拡大化に関する研究、土木構造・材料論文集、No.18,pp.77-84,2002。