

北海道で普及した「木コンクリート橋」の 技術的特徴について

岩田 圭佑¹・原口 征人²・榎本 碧³・今 尚之⁴

¹正会員 国立研究開発法人土木研究所 寒地土木研究所（〒062-8602 札幌市豊平区平岸 1 条 3 丁目 1-34）
E-mail: iwata-k@ceri.go.jp

²正会員 一般社団法人北海道開発技術センター（〒001-0011 札幌市北区北 11 条西 2 丁目 17 号）
E-mail: haraguchi@decnet.or.jp

³正会員 国立研究開発法人土木研究所 寒地土木研究所（〒062-8602 札幌市豊平区平岸 1 条 3 丁目 1-34）
E-mail: enomoto-m@ceri.go.jp

⁴正会員 北海道教育大学教育学部札幌校（〒002-8501 札幌市北区あいの里 5 条 3 丁目）
E-mail: nowkon@momonga.gr.jp

戦後土木構造物の評価・保全に向けた機運の高まっているが、北海道における特徴的な戦後土木構造物の一つに木コンクリート橋がある。木桁とコンクリート床版を合成桁とした構造形式、昭和 14 年から同 40 年代にかけて半永久橋として北海道内で普及した点などが特徴であるが、現在残されているのは数橋のみであり、歴史的価値の整理体系化や保全が課題である。

そこで本研究では、当時の論文等から木コンクリート橋が開発された経緯と技術的特徴を整理するとともに、寒地土木研究所が所蔵する戦中・戦後の橋梁現況調査書から、木コンクリート橋が北海道内の路線にいつどのように普及したのか示した。その結果、欠け込みによる合成桁方式や継手による径間確保などの技術的特徴、及び戦時中木橋の架け替えニーズ増大資材不足に対応するため市場性や経済性を踏まえて開発された経緯を示し、道央・道南方面に多く普及したことを明らかにした。

Key Words: Hokkaido, timber-concrete girder bridges, technical features, post-World War II

1. はじめに

(1) 背景と目的

戦後土木構造物の評価・保全に向け、著者らは 2021（令和 3）年度の本発表会で、北海道の国道 12 号線において 1920（大正 9）～1956（昭和 31）年に架けられた橋梁の傾向を年代別に分析し、戦後コンクリート橋が増加してきた背景と技術的特徴を示したり。

著者らはその後、戦後北海道で木橋からコンクリート橋へ架け変わる過渡的な橋梁形式である「木コンクリート橋」に着目し、技術的特徴や系譜的価値について調査を進めてきた。本発表はその結果を報告するものである。

木コンクリート橋とは、1938（昭和 13）年、北海道庁土木部試験室の高橋敏五郎技師（1906～1986）の総意と指導により開発された橋梁形式である。木桁とコンクリート床版を「欠け込み工法」により合成桁とした構造形式が特徴である（写真-1）。また、戦後（標準化や工



写真-1 北海道に現存する木コンクリート橋（歌越別橋）



写真-2 左) 通行が禁止されている（初山別村 歌越別橋）
右) 桁や橋脚が損壊している（積丹町 柏谷橋）

易化」「維持費の減少」「寿命の延長」「許容荷重の増大」を実現する新型式の橋梁として木コンクリート橋を着想し、研究を必要とするに至ったと述べている。

また、「道路こそわがいのち」²⁾において、高橋と同期であった横田清が、以下の様に述べている。「当時私は、地方費道橋梁架け替え計画の改訂案を作るのを手伝っていたが、木橋の寿命が短く大変困っていた。他方、地方費道では、地元が工事費の一部を負担すると、木橋を永久橋で架け替えてやることになっていたが、鋼材の入手が困難になって、どうにもならなくなっていた。そこで一つの案は、下部構造だけを無鉄筋の永久構造にして、上部に木造以外の何かを持つ耐久力のある工法がないかというのが切実な要求であった」

以上から、木コンクリート橋には地方費道の木橋架け替えにおける強いニーズがあったこと、上部工の新しい工法が求められていたことが推察できる。

(2) 工費低廉化と材料の入手簡易化の実現

橋梁の新設やかけ替えにおいてまず課題となったのが、工費の低廉化と材料の入手簡易化である。

昭和15年「木コンクリート桁について」【No.1】にて、高橋は「橋床部の工費は、北海道においてはコンクリート床版が最も安く、板張工法が最も高価であった」と述べている。また、「従来の橋床部は死荷重として桁の断面を増大するが、木コンクリート桁は橋床部自体が桁の一部を形成するため、木桁の断面を縮小し得る」とも述べている。このように、木コンクリート橋によって、工費の低廉化のみならず、材料の入手簡易化につながる事が検討されていた。

昭和17年「木コンクリート橋について」【No.2】では、木桁の加工は大工の熟練の程度により異なるが1日15m~30mを仕上げる事ができるとされている。また、欠け込みという純日本技術が受けてどんどん広がっていったと述べられている。これらのことから、地域の技術で施工できることで地方に受け容れられやすいだろうという意図が開発側にもあったことが推察される。また、「同じ径間の板橋よりは安く、土橋と同等の工費で施工できる」ことが実証的にも示されており、工費の低廉化が実現できることが早い段階で実証されていたことがわかる。

(3) 維持費減少・寿命延長・許容荷重増大の実現

橋梁新設やかけ替え後も、維持管理の負担を減らし寿命を延ばすことが求められた。

昭和15年、高橋は【No.1】において「維持費においても、板張りが最も高く、コンクリート床版が最も安いことは明らか」、「北海道における木造桁橋の平均寿命は13年、トラス橋は11年とみられる。寿命を決定するのは木材の腐朽であるが、自動車荷重の増大が寿命短縮に

繋がっている」、「腐朽防止に対しては、木コンクリート橋がどの程度の効果をあげるか明らかでは無いが、板橋や土橋に比べ優れていることは明らかな事実」と述べている。

また、「長径間の橋梁に応用するために、短尺の木材をつなぎあわせて長尺の桁を作ることを考えねばならない。もし径間12mの桁橋を安価に作り得るならば、工費が高く、寿命が短く、不経済なトラス橋の大部分を解消し得る見込みがある」とも述べている。

以上から、木コンクリート橋が維持管理の面でも高いメリットを有することが初期から把握されており、長径間の橋梁にそのメリットを生かす方針が示されていた。

3. 木コンクリート橋の技術的課題と解決策

木コンクリート橋には、どんな技術的課題があり、どう解決したのかについて述べる。

(1) 木桁とコンクリート床版の合成桁

木コンクリート橋において最も重要な技術開発は、圧縮部をコンクリート床版、引張部を木桁が分担し、両者が一体となって荷重に抵抗できる合成桁の設計であった。木とコンクリートとを連結するため、木桁の上部に「欠け込み（のこぎりの歯のように木材の接合面を加工して対剪断性を高める）」を施すことで、両者の結合力を高め、解決した。この材料の長所を生かす設計により、橋全体の強度が高められている。

図-2 に示す様な種々の形状の木材欠け込み工法で載荷試験を行い効果的な形状を検討した結果、水平剪断力の大きくなる桁端部ではA案、中央部にはB案を用いることとなった(図-3)。

開発当初、温度変化等による伸縮の差によってコンクリートと木材の協力作用が破壊される等の懸念が寄せられていた。こうした懸念に対して高橋は、架設され3年経った橋では何の異常も発見されていないこと、伸縮がある場合にも変形の容易な木材がコンクリートに支配されて変形し、あるいは両者がともに下垂変形して協力を保持しているとの見解を示し開発を進めた。

(2) 木コンクリート桁の設計

木コンクリート橋の合成桁設計においては、欠け込み工法に加え、コンクリート床版と木桁の分離を防ぐこと、荷重に対して必要な桁の構造を定める必要があった。これらに関し、昭和15年「木コンクリート桁について」

【No.1】および昭和17年「再び木コンクリート橋について」【No.3】で高橋は以下のように述べている。

a) 昭和15年「木コンクリート桁について」【No.1】

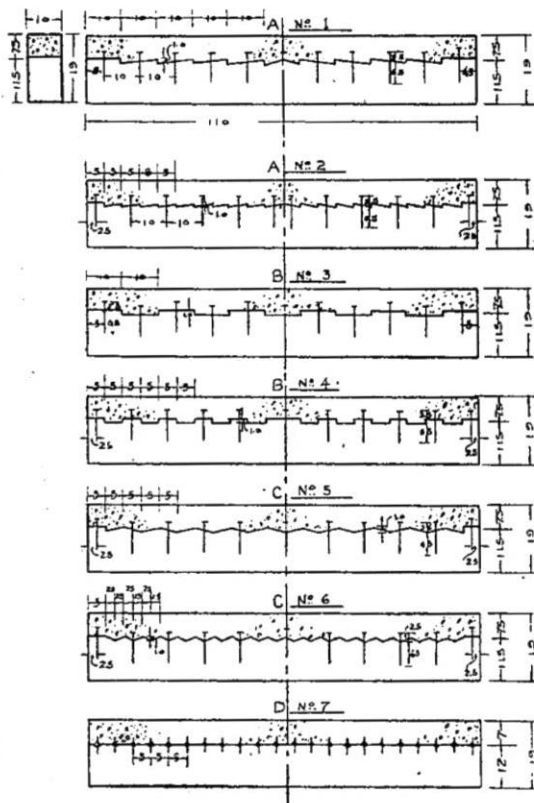


図-2 欠け込み構造の検証パターン

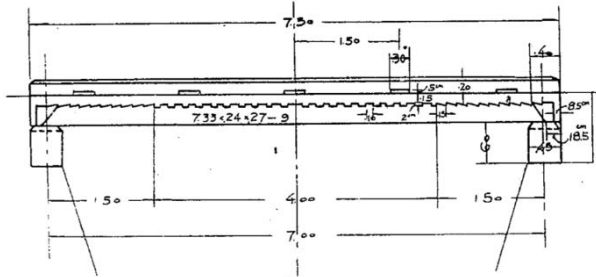


図-3 木コンクリート桁の設計側面図

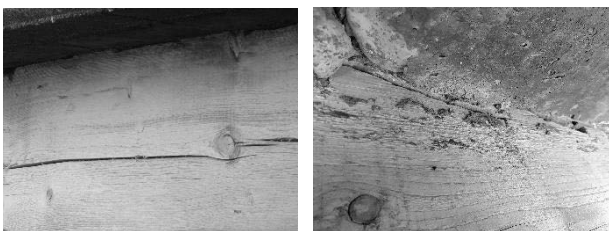


写真-3 コンクリート床版と木桁の接合部 (左 : B, 右 : A)

- コンクリート床版と木桁の分離を防ぐために釘による引抜抵抗を得る必要があった。これについては、普通の橋梁には十分といえる範囲で実施。
- コンクリート床版で輪荷重が有効に分散されることから、木コンクリート桁橋のような仮作工物は尚安全に過ぎるように考えられる。
- 最大荷重を受ける桁や、床版への配筋方法については、

未検討

b) 昭和 17 年「再び木コンクリート橋について」【No.3】

- 木コンクリート橋における木桁は、鉄筋コンクリート床版橋における主鉄筋に該当するとの観念に基づいている。
- コンクリート床版橋の主鉄筋は小径のものを密に配置するのを理想とするように、木コンクリート橋においても幅の狭い木桁を小間隔に配置する方が合理的であり、木桁の中心間隔は 45~50cm が適当と認められる
- この橋の目標は、木桁の断面を節約することよりも、高価にして腐朽著しい木補板の代わりに安価で耐久的なコンクリート床版を使用することによって、維持費を低下させて、載荷能力を増大し、さらに雨水の浸入を防止して木桁の老朽を防止することにある。
- 荷重試験より見て自動車の影響は少ないので、等分布荷重により設計するのが適当

開発当初、高橋は、少量の鉄筋を使用すればコンクリート床版の強度に対する不安は解消されるのだが、時節柄鉄筋コンクリート床版を使用するとこの橋の利用価値は激減するので、標準型では鉄筋を一切使用しないものとするとの見解を示している。

一方、その後北村らにより昭和 24 年に行われた「木コンクリート橋の調査報告」【No.4】では、コンクリート床版に鉄筋を配することや、等分布荷重ではなく輪荷重での設計が必要との認識が示されている。合成桁の強度に関しては、自動車交通の増加に伴い技術的課題と考え方が変化している様子が伺える。

(3) 入手しやすい木材規格の導入と長径間への対応

a) 短径間式木コンクリート橋

昭和17年、「再び木コンクリート橋について」【No.3】で、短径間継手なしの木桁に用いる材料には、入手しやすい一般市場の木材を使用するという考え方が示された。具体的には、この型式は市場の木材寸法によって支間長が制限を受け、北海道においては長径 30cm、長さ 8m を制限寸法とすることとされた。

b) 長径間式木コンクリート橋

前章で示した通り、長径間の橋梁に応用するために、短尺の木材をつなぎあわせて長尺の桁を作る必要があった。そこで昭和 17 年、「再び木コンクリート橋について」【No.3】では、その方法と効果が以下の通り示されている。

- この型式は、木桁に継手を有する構造であって、径間 8m 以上の橋梁に適するものとする。
- 現在までにこの型式により架設した最長支間の橋は 12m のものである。
- 工費も比較的安く、支間 10m 以上のものにおいては、

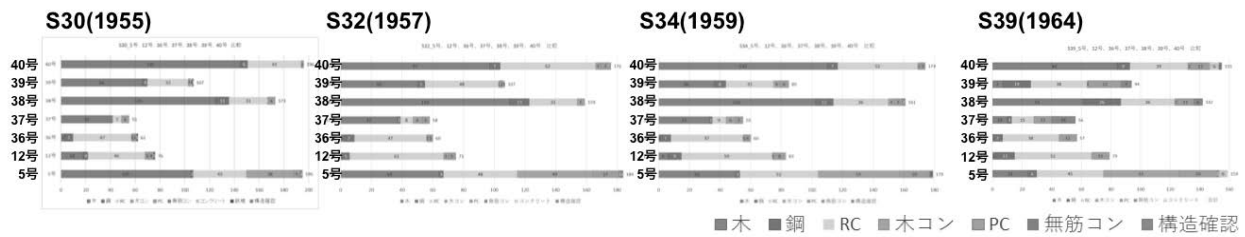


図-4 昭和30年代における路線別の架橋数の変遷（北海道内1級国道）

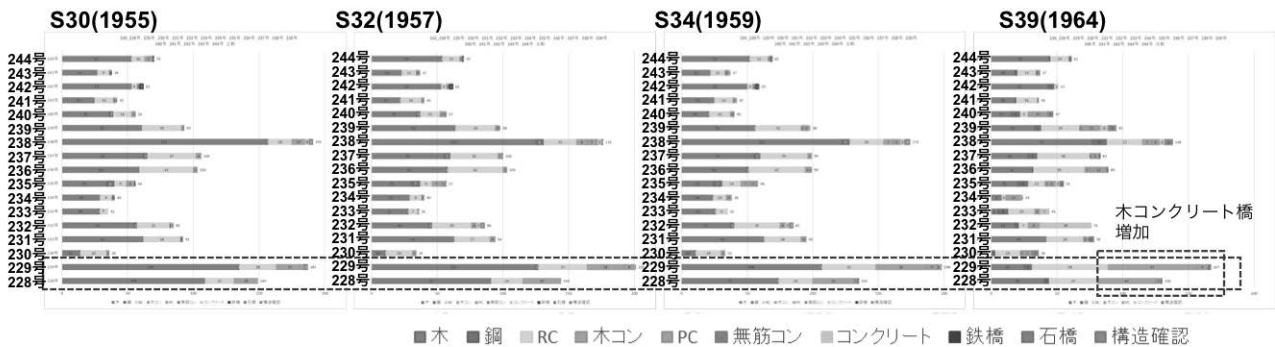


図-5 昭和30年代における路線別の架橋数の変遷（北海道内2級国道）

支間 7.8m の板橋に匹敵するものと認められる。また 10m 以下のものにおいては、短尺材を使用するためかえって短径間式より安価となる場合がある。

開発当初、木桁の腐朽防止に対して高橋は、木コンクリート橋がどの程度の効果をあげるか明らかでは無いものの、板橋や土橋に比べ優れていることは明らかな事実との見解を示しており、昭和 17 年に行われた架橋事例の調査では、木材の乾燥状態は常に良好で板橋や土橋とは格段の差があること、支点付近においては改善の余地があることを把握していた。このように、架橋事例をモニタリングして懸念を解消しながら開発を進めていた。

その後、昭和 24 年「木コンクリート橋の調査報告」【No.4】では、短径間の木桁には劣化が確認されなかった一方、長径間の木桁では継手部の分離などが確認され、ボルトによる継手部の補強方法などが導入された。

4. 橋梁現況調書の分析

(1) 初期の展開（昭和 14 年～昭和 18 年）

昭和 18 年の橋梁現況調書に記載されている、木コンクリート橋の架橋数を示す。昭和 18 年までに合計 50 橋がかけられていた。内訳は、国道：3 橋、地方費道：9 橋、準地方費道：38 橋であった。準地方費道が多く、現在の道道に広く普及していたことがわかる。

エリア別では、札幌現業所管内：21 橋、旭川：9 橋、室蘭：7 橋、釧路：4 橋、帯広：3 橋、網走：3 橋、小

樽：2 橋、函館：1 橋であった。札幌現業所管内、次いで旭川、室蘭が多く、道央圏を中心に架橋されていたことがわかる。

径間長では、8m を超える径間が 11 橋、10m を超えるのが 5 橋あり、最大で 12.5m であった。長径間の橋も比較的早く展開していた。

(2) 中期の展開（昭和 20 年～30 年代前半）

昭和 30 年代の調書をもとに、路線別に木コンクリート橋の架橋数を示す（図-4、図-5）。国道路線では、道南地方の 5 号線、228 号、229 号において多く架橋されており、初期に道央を中心に広がった傾向と異なる様子うかがえる。

昭和 30 年の橋梁現況調書では、1 級国道で 58 橋（うち 38 橋が 5 号）、2 級国道で 81 橋（うち 39 橋が 228 号と 229 号）である。なお、主要道道および一般道道は本原稿執筆時点で未調査である。

国道 5 号線を例に、路線沿いのどの地域で多く架けられたのかを見てみると、蘭越、黒松内を中心に、ニセコ、倶知安など、山間部での架橋数が多い傾向がうかがえる。

(2) 後期の展開（昭和 30 年代後半）

昭和 34 年から 39 年にかけても、国道では木コンクリート橋が増加している路線がある（図-5）。路線別に見ると、228 号（31→44 橋）、229 号（38→67 橋）で特に多く増加しており、特に 229 号は、全路線の橋梁数が 198→167 へ減る中で木コンクリートへの架け替えがなされている点が特徴的である。路線のどのような地域で増え

たのか、また道道ではどの程度増えたのかについては原稿執筆時点で未調査である。

5. まとめ

木コンクリート橋の技術的特徴を以下にまとめる。

- ・コンクリート床版と木桁を合成桁とする「欠け込み工法」の対剪断性を検証し、桁端部と中央部でそれぞれ適した工法を示したこと
- ・木桁材料の入手しやすさを確保するため、市場で定められた規格に基づいた標準設計を示し、製材に要する人員や時間を事前に想定したこと
- ・無筋コンクリート床版を支えるための桁の寸法と配列間隔を示したこと
- ・継手による長径間式の木コンクリート橋の標準設計を

示したこと

また、橋梁現況調書より、木コンクリート橋がいつどの路線で架けられてきたのかを例示することができた。今後調査を進め、全道的な分布を明らかにするとともに、技術的特徴と合わせて系譜的特徴についても考察したい。

参考文献

- 1) 榎本碧, 岩田圭佑, 松田泰明: 国道 12 号線における戦後建設された橋梁の技術的特徴, 寒地土木研究所月報 No.821, pp.28-37, 2021.8.
- 2) 高橋敏五郎遺稿集編集委員会: 道路こそわがいのち-高橋敏五郎さんのあしあと-, pp.110-119, 1986.

(2022.4.18 受付)