木材の土木的利用の近年の展開

誌名	木材保存 = Wood preservation
ISSN	02879255
著者名	佐々木,貴信
発行元	日本木材保存協会
巻/号	44巻3号
掲載ページ	p. 204-207
発行年月	2018年5月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター
Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council Secretariat

特集

木材の土木的利用の近年の展開

秋田県立大学　佐々木　貴　信

1．はじめに

2016年５月24日に閣議決定された「森林・林業基本計画」では，2025年までに木材自給率50％を目標としているが，目標達成のためには，住宅向けの建築用材などの従来用途以外への新たな用途開発や木材利用を促す施策が不可欠である。「公共建築物等における木材の利用の促進に関する法律」（2010年制定，以下，木促法と称す）では公共建築物等を対象として，国が率先して木材利用に取り組む基本方針が示されている。近年，学校施設や自治体の事務庁舎，公営住宅などの公共建築物の木造化が進んでいる背景にはこうした動きがある。新国立競技場の建設でも大量の国産材が使用される設計が採用されるなど，東京オリンピック・パラリンピックを契機に更なる木材需要が期待されている。

木促法には，木材を利用したガードレール，高速道路の遮音壁など景観整備を目的とした木製の道路施設の設置を促す条文がある。こうした土木分野における木材利用は潜在的なポテンシャルの高さから木材の新規需要の一つとして期待されており，（公社）土木学会（木材工学委員会）では，2007年に（一社）日本森林学会，（一社）日本木材学会との３学会による横断的研究会を発足して土木分野における木材の利用拡大を目指した調査・研究活動を行っている[1)]。

2．木材の土木的利用の変遷

わが国では戦後，鋼材やコンクリートなどの建設資材が広く普及するにつれて，強度や耐久性の面で課題があった木材の土木的利用は激減することとなった。コンクリート型枠用パネルや鉄道枕木などの一定の需要を除けば，土木分野での木材利用は皆無と言えるような時代が長く続いていた。1980年代になって，人工林の間伐材の有効活用を目的として，森林土木分野を中心に木材利用が再び始まり，林道工事や治山工事において小径木の間伐材を用いた簡易な構造物が試行的に設置されるようになった。また，山地災害を防止する目的で林内の渓流に設置される堰堤（床固工）に木材を用いた木製ダムなど，比較的大型の構造物の開発も各地で行われ普及している。

この頃，建築分野では大断面集成材を用いた木質構造の研究開発が進み，中大規模の木造建築物が盛んに建設されていた。この集成材の製造・加工技術の進歩が，土木分野では木橋の建設技術の発展につながった。1994年から実施された国土交通省（旧建設省）の「モデル木橋事業」では，木橋の技術資料を策定するために，実験による安全性の検証や実橋の設計，施工，維持管理方法などが検討され，５橋のモデル木橋（歩道橋）が建設されている[2)]。また，木材利用の拡大や林業振興を目的に，2003年頃までに全国の民有林道内に大断面集成材を用いた大規模な木橋が次々に建設された時期があった。大型車の通行に対応した木橋を実現するために，コンクリート橋や鋼橋の技術を応用したハイブリット化の技術開発が盛んに行われ，近代木橋の技術が急速に発展した。しかしながら，2000年代中頃より公共事業費の削減の影響もあり，こうした近代木橋の建設はほとんど見られなくなった。

近年，土木分野での木材利用に関して注目されているのが，地盤改良を目的とした地中への丸太打設工法である。軟弱地盤と呼ばれる砂質土や粘性土の地盤では液状化や不同沈下などが問題となる。地盤改良工事ではセメントや鋼管を用いる工法が一般的であるが，多数の木杭を打設することで地盤の密度を上げて液状化や沈下を起こりにくくする方法は，他の工法と比較して環境面で優れており，大量の木材需要にもつながることから，土木的利用の中で最も期待されている。地中の木杭は地下水位以下に置かれた状態であれば劣化が生じにくく，地下水位が高い軟弱地盤への適用は

理想的な木材の土木的利用といえる[3)]。

土木分野での新たな木材利用の可能性として，筆者らが注目しているのが，現在，建築分野を中心に研究開発が盛んに行われているCLT（Cross Laminated Timber, 直交集成板）である。国内メーカーが製造するCLTのサイズは様々であるが，最大で幅３m，長さ12m，厚さ270mmの製品が製造可能である。この材料の大きさを考えれば土木構造物への応用も考えられる。CLTの単位体積重量はコンクリートの1/6～1/4程度と軽量であり，この軽さもまた，土木用途を考えた場合のメリットとなり得る。

３．近年の土木的利用の事例

ここでは，筆者らが現在行っている木杭やCLTの土木利用に関する研究開発について，秋田県内の実用事例と共に紹介していきたい。

3.1　農業用水路基礎への木杭適用の可能性

秋田県大潟村は琵琶湖に次ぐ日本第２の広さであった八郎潟が干拓されて1964年に誕生した。八郎潟干拓地の多くはヘドロ土壌が分布しており，極めて排水が悪い重粘質土壌（軟弱地盤）であり，深いところでは地下40mにも達している。干拓地に造成された基幹用排水路は建設から40年を経過して不同沈下が生じている箇所もあり，国営土地改良事業で大規模な改修工事が計画されている。2020年頃からの工事着工に向けて東北農政局ではコンクリート水路の沈下防止を目的とした基礎工法の試験施工を行っているが，筆者らが提案する木杭工法もその一つとして採用され，2015年度に延長10mの試験施工が実施された。

施工箇所の地盤調査結果を基に，木杭の配置，末口径，杭長を決定し，軟弱地盤での木杭利用において多年にわたる実績をもつ佐賀県のマニュアル[4)]を参考に構造計算および沈下量の照査を行った。木杭には秋田県産スギ丸太を用い，木杭の配置は１m^{2}当り１本とし，末口径は約18cm，杭長は丸太の流通長さも勘案して４mと８m（４m＋４mの継杭）とした（図１）。

試験施工箇所付近の地下水位を観測した結果，年間を通じて地表から深さ40cm程度であったことから，木杭を地下水位以下に打ち込み，地下水位の上下する区間は長さ50cmのコンクリート杭

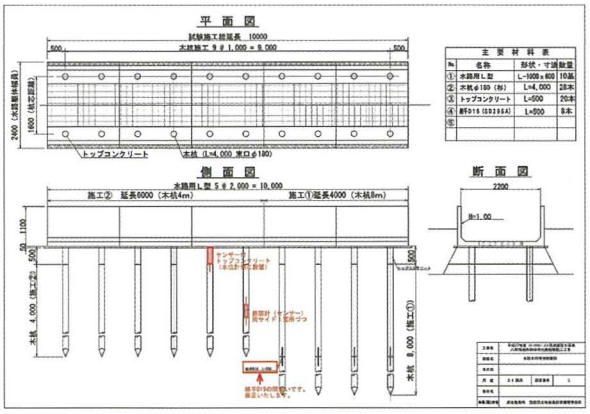

図１　木杭基礎とコンクリート水路の構造

図２　試験施工の工程

（トップコンクリート）を打ち継ぎ，木杭の腐朽を防止することとした（図２）。

施工完了後から定期的にコンクリート水路の天端高を測量することで，水路の沈下量を観測した。図３に施工後から15か月間の右岸側の天端高の測定結果を示す。図中の１m，３m，５mは木杭の長さが４mの区間であり，７m，９mは４mの木杭を２本継いだ長さ８mの区間である。同図より，木杭の打ち込み深さが長い，７mおよび９mの位置で沈下量がより少なくなっていることが分かる。水路に水が流れる５月以降に沈下量が大きくなり，水がない冬期間に沈下量が回復しており，９mの位置では初期値よりも高い位置に浮き上がる傾向が見られた。これは，水路に水がない冬期間に地下水の位置が高くなり，水路全体に浮力が発生しているためと推察される。しかしながら，年間を通して水路の沈下量は木杭長さ４mの位置で最大でも12mm程度であり，水路の使用上問題ない範囲であることが確認された。同様の試験施工により比較検証されている他の工法の性能とも遜色なく，経済性や改修時に現地盤を掘削する必要のない作業性においては木杭基礎

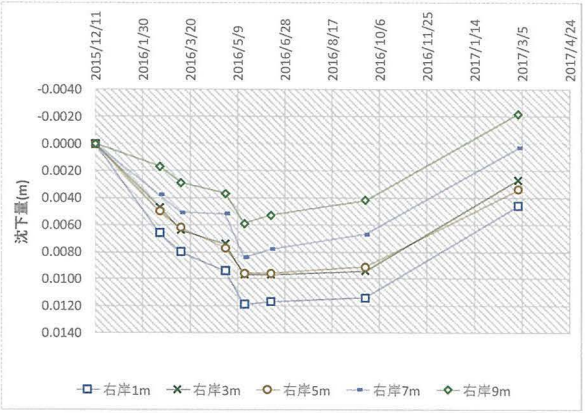

図３　コンクリート水路天端高の推移

工法の優位性が示されており，本工事での採用への期待が高まった。

3.2　橋梁床版としての CLT 活用の可能性

国内の橋梁総数は約73万橋あり，このうち建設後50年以上を経過する橋梁の割合は現状では20%であるが，10年後には44%に急増することが試算されている[5]。今後，膨大な数の橋梁の補修が必要となるなか，経済性に優れた補修工法の開発が急務となっている。橋梁の劣化損傷のパターンは様々であるが，鋼製の橋梁の場合，劣化要因の約６割は床版損傷となっている。CLT は軽量であり，他の建設材料に比べて輸送面や施工面で優位性を有していることから，橋梁用の床版材など土木分野での用途にも活用できると考えられるが，国内ではそうした事例は報告されていない。筆者らは CLT の新規用途開発を目的に橋梁用の床版材料に着目し，コンクリート床版の代替として CLT 床版を用いた既設橋梁の補修工法も視野に入れた検討を行っている（図４）[6]。CLT を床版として利用する上で懸念されるのは，活荷重の繰り返しによる疲労と，木材の腐朽による劣化の二つである。前者については，140kN や250kN の活荷重を想定した輪荷重走行試験を各10万回程度行った結果，CLT 床版に割れや接着剥離も認められず十分な疲労耐久性を有することを確認している[7]。後者については，防腐薬剤の加圧注入による従来の防腐処理ではなく，CLT 全体を FPR シートで被覆したり，ポリマーセメントで包埋する物理的な処理で，防水・防腐効果を得る方法を開発している[8]。

これらの成果を実証するため，2017年に秋田県内に CLT 床版を用いた林道橋（橋長７m，幅員3.5m，設計荷重140kN）が試験的に施工された[8]。床版材の４体の CLT（長さ3.7m，幅1.7m，厚さ180mm）には，それぞれ異なる防水・防腐処理が施され，供用環境下での耐久性能が比較検証されている。架設工事は4.9t 吊りのラフテレーンクレーンを用いて，H 形鋼の橋桁の架設と CLT 床版の架設（図５）を各１日で行った。床版は両端部に地覆木（CLT）を取り付けた状態で現場に搬入したが，このときの CLT 床版の重量は最大でも600kgf程度であり，橋桁の700kgfよりも軽く，

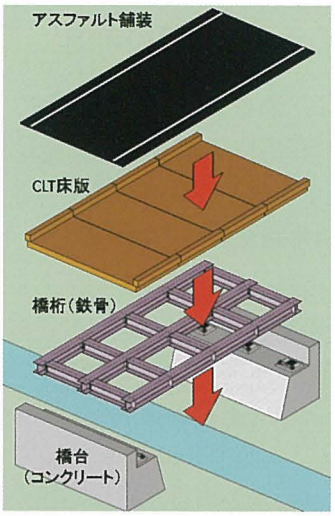

図４　CLT 床版を用いた橋梁のイメージ

図５　CLT 床版の架設

図６　完成した林道橋（秋田県仙北市田沢湖）

運搬や架設作業での優位性が確認された。

4．今後の展開

秋田県立大学木材高度加工研究所では開所以来，木材の新たな需要創出を目的として土木分野での用途開発を研究テーマに掲げ，早くから取り組んできた。秋田県はスギ人工林の面積・蓄積量共に全国一であり，木材の需要拡大は喫緊の課題となっていることから，引き続き土木的利用に関する研究開発を推進していきたい。

最後に，ここで紹介した秋田県の二つの事例の今後の展開について触れておきたい。木杭を用いた農業用排水路の基礎工法に関しては，2018年度に産学官の連携により軟弱地盤の改良工法の設計・施工マニュアルの整備を計画している。公共工事として新たな工法の採用を目指すためには，実証試験による性能評価に加えて，設計法や施工法を体系化したマニュアルの整備が不可欠である。大潟村内の主要な幹線用水路は93.7km，幹線排水路は22.6km あり，これらが順次改修予定であることから，そのうちの一部にでも木杭基礎工法が採用されれば，県産スギ材の大量需要につながると地元業界からも期待されている。

CLT 床版に関する取り組みでは，2018年３月に秋田県大仙市において２橋目となる農道橋の改修工事に採用されるなど，実績を増やしつつある（図７）。改修前の橋梁は，鋼材の桁に床版としてクリの角材を敷並べただけの構造であったが，この床版の腐朽が進んだことで床版補修の必要が生じた。新たに床版に用いたのは長さ3.6m，幅２m，厚さ120mm，５層５プライのスギ CLT であり，これを５枚並べて橋長10m となっている。CLT 床版の防腐・防水処理には，コンクリート床版でも実績のあるポリマーセメントを用いて厚みが２mm になるようにコーティングされている。ここで紹介した CLT 床版の事例は何れも防護柵のない橋梁であるが，より一般的な橋梁への適用を考え，現在，防護柵の設置方法の検討を進めている。

木材の土木的利用において最大の課題は生物劣化に対する耐久性であり，木材保存技術の役割は極めて大きい。CCA などの防腐効果の高い薬剤の使用が難しい現在では，土木的利用の条件はより厳しくなることを理解し，耐久性を向上させる

図７　２橋目の CLT 床版橋の施工事例
（左：改修前，右：改修後（舗装前））

設計や施工，維持管理を行うことが不可欠である。木材腐朽の必要条件である温度，酸素，水分の何れかの条件を満足させないことが耐久性を向上させる方法ともいえるが，今回紹介した木杭工法は地下水位以下に置くことで酸素の条件を，CLT の防水処理は水分の条件をそれぞれ満足させないようにしたものである。耐久性を優先させることで，外観では木材利用を認識できない使い方ではあるが，木目の美しさを除いても，「軽さ」や「炭素固定効果」など他の建設資材にはない木材・木質材料の特徴が土木分野で活かされる可能性はあり，今後も合理的な木材の土木的用途を探っていきたい。

引用文献

1）桃原郁夫：木材の土木利用拡大に向けた分野横断的取り組み，森林技術，**832**，22-25（2011）.
2）（公社）土木学会木材工学委員会：土木技術者のための木材工学入門，（公社）土木学会，88-89（2017）.
3）（公社）土木学会木材工学委員会，土木における木材の利用拡大に関する横断的研究会：国内の構造物基礎における木材利用事例と設計方法の変遷，JSCE 木材利用ライブラリー004，（2012）.
4）佐賀県県土づくり本部・㈶佐賀県土木建築技術協会ら：水路用ボックスカルバートの木杭-底盤系基礎，～設計マニュアル（改訂版）～（2009）.
5）国土交通省道路局：道路メンテナンス年報，（2016）.
6）荒木省吾ら：CLT を用いた既設橋梁の床版取替えに関する一考察，土木学会第70回年次学術講演会，V-393，2015年９月.
7）佐々木貴信ら：橋梁の床版用途としての CLT の疲労耐久性評価，第67回日本木材学会大会要旨集，P.209（2017）.
8）佐々木貴信ら：CLT 床版の耐久性付与技術の開発，木材利用研究論文報告集16，39-44（2017）.