

## ヨーロッパにおける最近の木橋技術等について

### Newest report on European timber bridge Engineering

○五十嵐恒夫\*  
IGARASHI Tsuneo

\*技術士 木の橋研究開発工房 (〒658-0301 長野県茅野市北山にしき平227)

**ABSTRACT** This is a report on newest European timber bridges based on German technical magazine “bauen mit holz”2006~2008, which report covering a use of timber, and the applications. In this round 10year European timber bridge technology has been developed widely and design fully. Especially in the Nordic Countries (Norway, Sweden, Finland and East coast countries of Baltic sea such as Lithuania) heavy road duty timber bridges are constructed after the new establishment of Eurocode-5 for timber structure.[1] Besides this report are covering the more use of timber as an construction material.

**Keywords** : 近代木橋、集成材、Eurocode-5、フラットアーチ、構造解析力、座屈、維持管理、標準設計

*Eurocode, Flat arch, Structural analysis, Maintenance, Standard detail design*

#### 1. はじめに

ヨーロッパにおける木橋建設の進展は目覚ましいものがある。特にEurocode-5(ヨーロッパコード)の制定はEU加盟各国の木橋建設機運の刺激となり、バルト海の東側沿岸諸国にも大きな影響を及ぼしている。

本年、6月初旬に宮崎市で開催された第10回WCTE(国際木質構造会議)でもその傾向が顕著に見られる。また従来からのドイツ、オーストリア、北欧諸国等においては木橋建設は日常茶飯事に取り扱われ産業としての地位が確実に確立している。

この報告はここ2~3年間のヨーロッパの木橋建設の最新情報を収集しさらに木材の土木構造物への採用例を述べんとするものである。

#### 2. ユーロコード

##### 2.1 ユーロコードの普及

1990年代当初から始まったヨーロッパ社会に適用される建設構造物の統一的な設計施工基準の制定作業は1997年ころには木橋に対してEurocode - 5 (Part-2,Bridges)として成案が出来上がった。制定作業に関連した国の数も7カ国程度であった。これを採用する国はEUの拡大とともに増大し現在はEU加盟を果たしていないスイスなども大枠基準として国の構造物設計の基本としている。

勿論、加盟各国はその国独自の実情に合わせてローカルの荷重条件等の加筆・修正は施しているが基本的な考え方は全ヨーロッパを通じて共通なものである。基本が制定されたことによりEU加盟各国の木橋建設に関連する研究者、設計者、施工者等は競って自国で生産される木材の活用に積極的に関与し広がりを見せている。

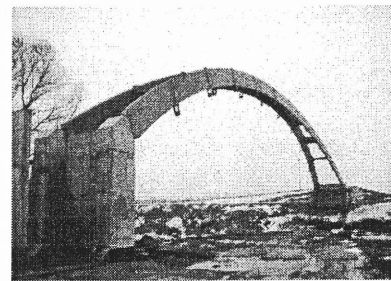


図-1 a リトアニア、歩道橋、スパン 50m

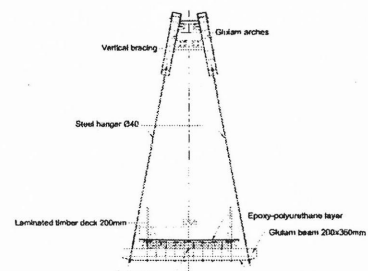


図-1 b 断面図

## 2.2 採用構造と解析技術の向上

### 2.2.1 注目されるアーチ構造

アーチは一般的な構造として多く採用されているが歩道橋アーチに注目される構造がある。いずれもフラットアーチ系の構造であるが①全橋長を集成材構造にて構成したものと②小さな集

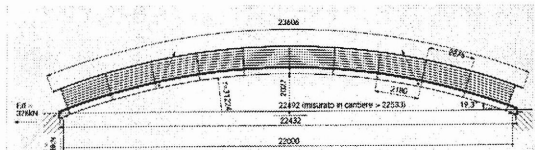


図-2a イタリア、フラットアーチ ①

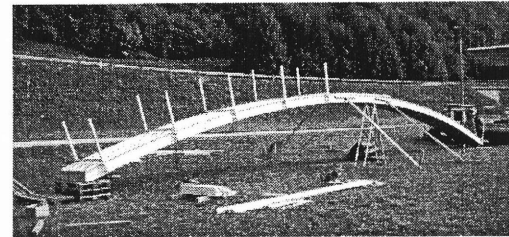


図-2b ヤードで仮組中

成材部品をあたかも岩国の錦帯橋のように部材を少しずつずらして横締めし、床版橋のようなアーチ構造を成立させたものがある。構造解析上は座屈に対する知識が重要であろう。

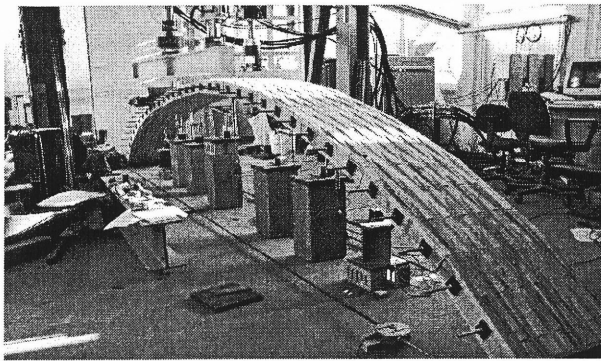


図-3a イギリス ② 横締めフラットアーチ



図-3b 現地完成

### 2.2.2 構造解析技術

橋梁の建設は簡単な小スパンの単純桁は別としてトラス、アーチなどの橋梁建設は構造解析技術が重要な役割を演ずることは論をまたない。単純に全体に屋根を掛ける場合、その重量が橋梁全重量に占める比率は大きい。ここで採用されているのが屋根構造そのものを構造部材とした考え方である。折版構造、トラス構造の採用などはその一例である。すなわち橋梁全体を見据えた構造解析が重要な要素となる。

当初は二次元トラスから始まったが最近では三次元トラス、さらにはFEM解析を伴った構造解析の採用が多くなってきた。

### 2.3 接続構造の解析の進展

最近の木材接合、特に集成材の接合方法は各種開発され公表されているが注目するのはコンクリートとの合成桁を

構成するためのせん断接合方法の研究であろう。各種の実験が行われせん断継ぎ手の開発が活発である。図-4, a, b, c, dは第10回WCTEにて発表されたバウハウス大学にて研究中的の木とコンクリート床版との接続金物の試験報告の一部である。<sup>2)</sup>

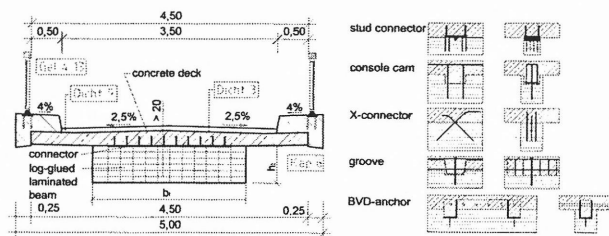


図-4a ブロック集成桁とコンクリート桁とのせん断キー

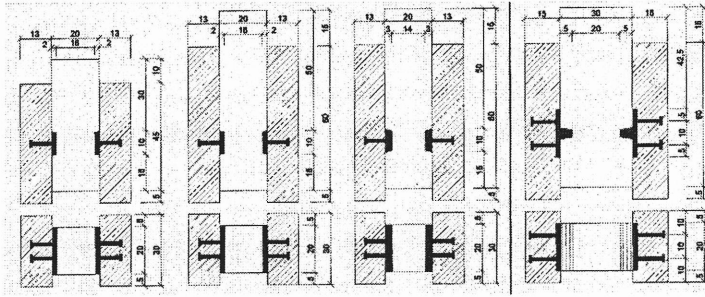


図-4b 鋼製せん断キーの種類と配置例

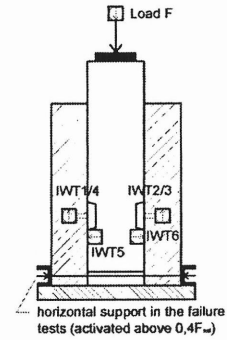


図-4c せん断テストの概念

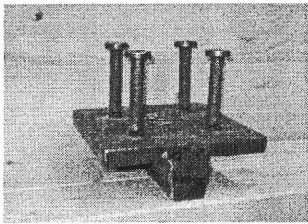


図-4d 鋼製せん断キーの一例

図-4, a, b, c, d はコンクリートと木材の合成部材に“せん断機能”の評価を研究する実験である。  
 パウハウス研究所は戦前からの建築工学に関する研究で有名である。

### 3. 歩道橋か車道橋か

自転車・歩道橋への木橋の採用は勿論国情によるが一般的にはドイツを含む南ヨーロッパで盛んである。アウトバーン等への跨道橋を含む地域の遊歩道橋あるいは自転車・歩道橋の建設が盛んである。

北欧の諸国では自動車道橋への採用が多い。これは国策によるところも大いにあるが国産木材の有効活用が急務であろうことが推察される。図-5a, b は、ノルウェー、レナ川に架けられた100 t 荷重の戦車が通過する軍用施設内の大型橋梁である。北欧諸国にはこの種大型橋梁が多く建設されている。

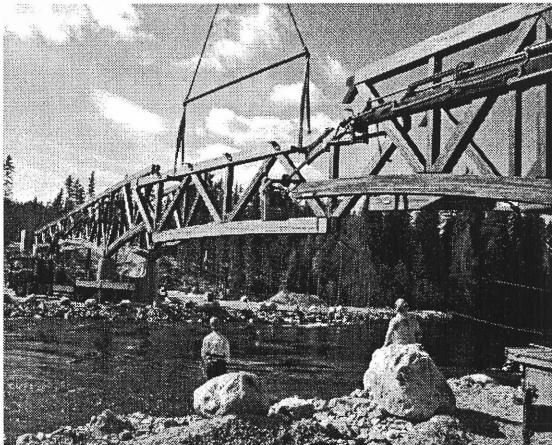


図-5a 架設中

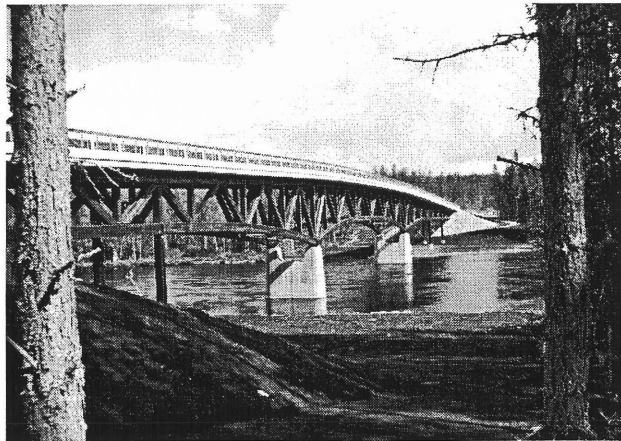


図-5b 完成 レナ川



図-6 Aurland, Flaom 川に架かるアーチ 38m

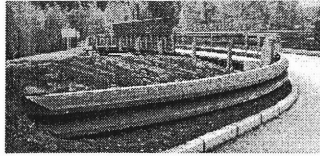


図-7 Tangen 駅を跨ぐ横断橋に採用されたガードレール

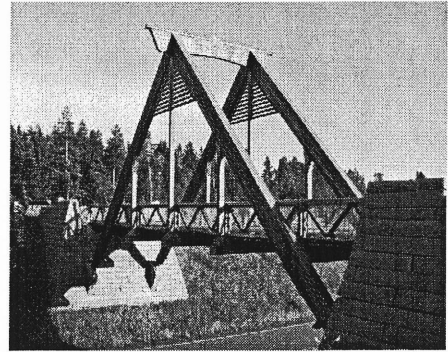


図-8 オスロフィヨルド道に架かる4橋の横断歩道橋の一つ。

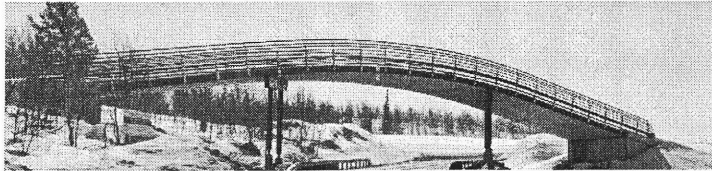


図-9 スキーコース橋 42m、

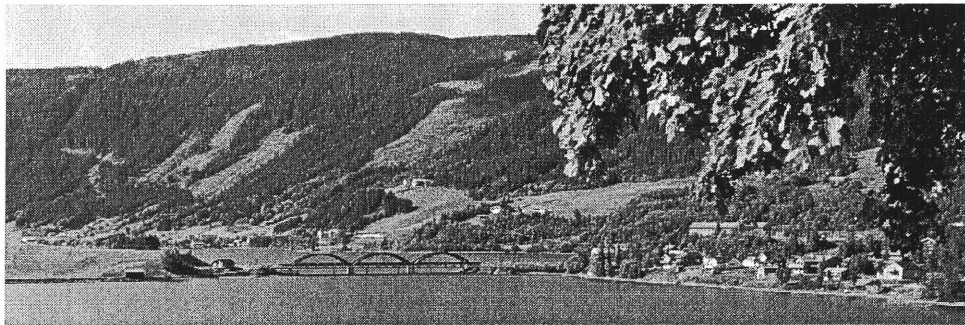


図-10 Slidre フィヨルドに架かる道路橋 (2003) 3@35mスパン

#### 4. メンテナンスと補修工事

過去において建設された木橋が歴史を経ることで生じた問題点が特に近代木橋の先進国であるドイツに顕著に現れた、すなわち雨水対策である。古くから木橋の雨水対策には屋根を掛けるのが最も効果的だと言われている、またその実例も多い。これは橋梁全体への雨水進入の防止であり橋梁全体に屋根構造を採用する場合がある。小さな部分ないし橋梁断面の雨水進入対策としての処置等は構造詳細を図示して標準化しようとの動きもある。

ドイツ中部のパッサウ近郊のルーデルチングに1998年に建設された30t荷重の数橋のオーバーブリッジは2006年にDINの規定に従って詳細に目視検査等を実施した。同時に床版部の損傷についても舗装をはがして目視検査をした。その結果、橋体側面部は床版からの雨水の吹き込みからかなりの劣化が見られた。また、床版部は、防水性能はさほど落ちてはいないが地覆との接合部に水の浸入跡が確認された。

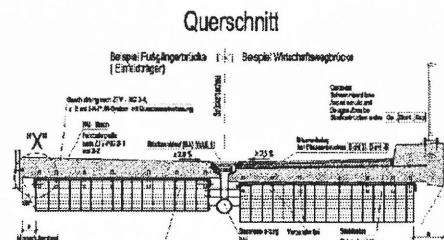


図-11 標準設計の一例

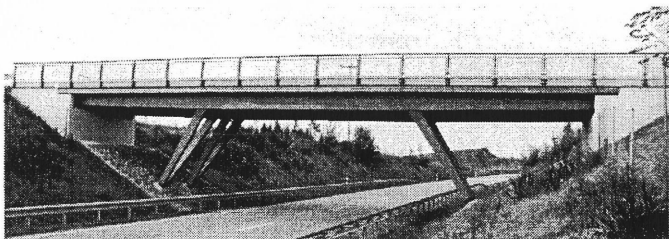


図-12 ルーデルチ跨道橋

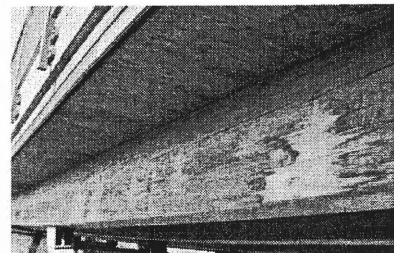


図-13 桁側面の劣化

そこで近隣のノイキルヘンに同じような横断橋が計画されていたがこの検査の経験から地覆部を含む橋面工、並びに橋体の側面部に雨除けの桁覆いを取り付けた。上部橋はすべて工場で完成させ架設位置に運搬している。施工の品質の向上には非常に有効であった。この橋の場合、コンクリート橋とのコスト比較を行っているが木橋のほうが高コストであったが“CO<sub>2</sub>”吸収を加味すれば環境保全に寄与するのは木橋が断然有利と結論づけている。

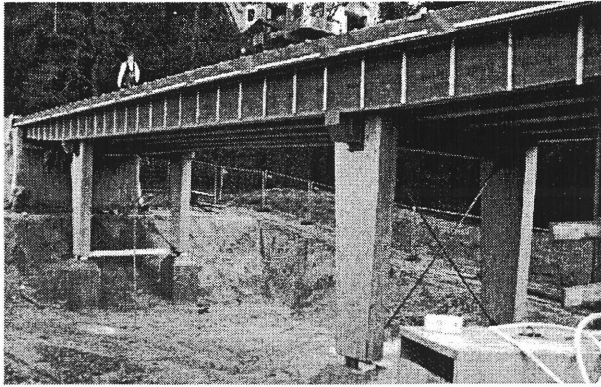


図-14 ノイキルヘンの歩道橋 桁側面の保護工

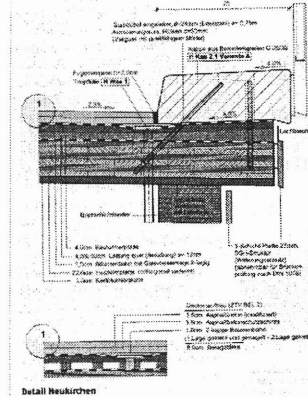


図-15 断面部の詳細

## 5. デザイン性の向上

良いデザインの採用は橋梁構造物には重要なファクターである。ヨーロッパの木橋建設にかかわる業界では発注者の段階は当該地域の橋梁建設のスペックのみの表示であるが提案段階では設計者とデザイナーの関与が多くみられる。デザイナーの役割にはただ単に奇をてらった構造物の表現ではなく木橋の維持管理性をも含めたトータルな提案がなされている。例えば美観的な要素に加えて、雨水対策、部品・部材の交換性なども十分に加味されている。

特に北欧諸国ではデザイン性に優れた構造物、橋梁が注目に値する。ここではノルウェー、リレーハンメル市に根拠を置くコンサルタントSWECO社の構造技術者R. B. Abrahamsen氏から入手した資料の一部を提供する。<sup>3)</sup>

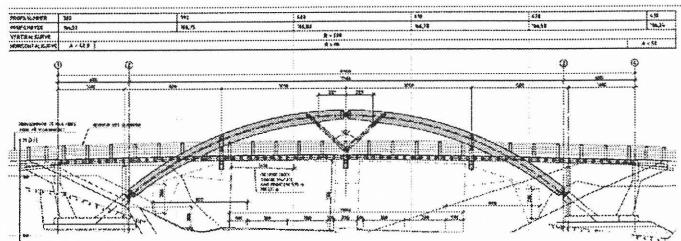


図-16 Hedmark 高速に架かる横断橋 (2008)

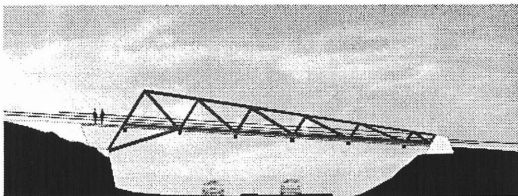


図-17 Eidsvoll に計画中の横断歩道橋

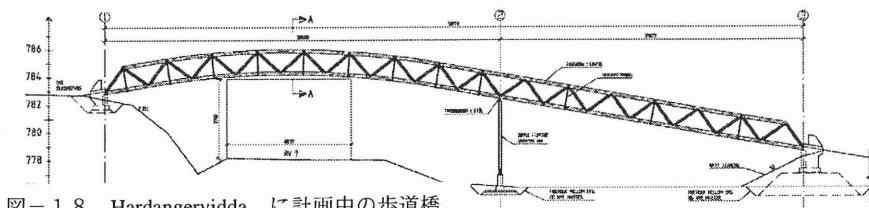


図-18 Hardangervidda に計画中の歩道橋

## 6. 土木構造物への活用

木材の木橋への活用はシンボリックには大いに役立つことは論をまたない。しかし木材量のさらなる拡大には一般土木構造物への活用が期待される。土中に埋め込まれた木杭などはローマ時代からの杭がいまだ健在であると言われている。

ドイツ北西部のルーゲン島への連絡道路の改良工事では地域に生息する小動物の保護のために「獣道橋（けものみち橋）」が採用されている。道路方向約50m、スパン27.6mのアーチ式トンネルは集成材で構成され、1.2mから3m程度の盛土を行う。この上に植生が施され野生生物の移動に自動車交通が影響しない配慮をしている。この事業は道路上の野生動物たちの事故防止に役立ち、パイロット事業として建設されたものである。湿度測定などの継続変形期間を置いてすでにこの方面への道路上に新規建設が検討されている。また、ヨーロッパ全体ではこの種「獣道橋（けものみち橋）」が今後も必要とされている。<sup>4)</sup>

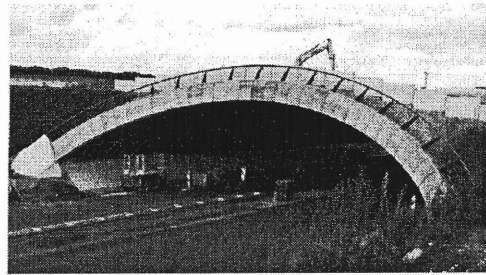


図-19 ルーゲン連絡道路の獣道橋

## 7. 終りに

わが国に導入された近代木橋の建設はすでに20年以上の経過が見られる。現今の経済状況から急速な発展が今後も期待されるとは限らない。しかし地球温暖化防止などの観点から国産の木材の活用は急務である。遠い国からコストを掛けて搬入した木材を使って木橋等を建設するのはいかにも不合理ではなからうか。我が国の風土に適合した自国産の木材をより多く活用する方向に舵を切ることは大切ではなからうか。出来上がる構造物にのみ着目し外国産木材の一時的コストの低さのみを見て足元の材料を見忘れているのではなからうか。今まさに発想の転換をなし、森林行政と林野の国土保全とを考えた国産木材の活用を図るべきだと考える。

近代木橋の展開のための技術的な要素は鋼橋、コンクリート橋とは比較にならないほど奥深いものがある。構造解析の理論は鋼橋、コンクリート橋と同じと考えられるが木材特有の性質はすでに土木学会でかなり詳細に研究されてきた。問題はデザインを加味した構造物の提案能力にあらう。設計会社、デザイナーの積極的な関与と展開を期待し、同時に海外の先進技術を謙虚に研究することを切望したい。

## 参考文献

- 1) Eurocode-5 Design of timber structure Part2:Bridges
- 2) wcte2008 10<sup>th</sup> Word Conference on Timber Engineering. P.85,p86,and coferens CD.
- 3) R. B. Abrahamsen; TIMBER BRIDGES : SWECO AS 2615 Lillehammer, NORWAY
- 4) Fachzeitschrift für Konstruktiven Holzbau und Ausbau “bauen mit holz” 5/2007,
  - Standfest und Pflegeleicht ; Dr-ing.Karl Kleinhanss p11~ 12,
  - Einfacher geht Brückenbau wohl nicht mehr; p.18~ 21,
  - Brücke mit Erfahrung p.22~ 26,
  - DIN 1074 “Holzbrücken” neu p.36~ 38.

“bauen mit holz”はドイツ、BRUDERVERLAG社が発行している木材活用に関する月刊の技術雑誌です。