

不動大橋（湖面2号橋）の建設について

八ッ場ダム工事事務所 工務第二課 柳澤 隼也

1. はじめに

不動大橋（湖面2号橋）は、吾妻川中流域（群馬県）における八ッ場ダム建設事業の一環として整備している付替道路の橋梁（L=590m）で、「PC複合トラス」と「エクストラードズド橋」の技術を融合した世界初の「鋼・コンクリート複合トラス・エクストラードズド橋」である。



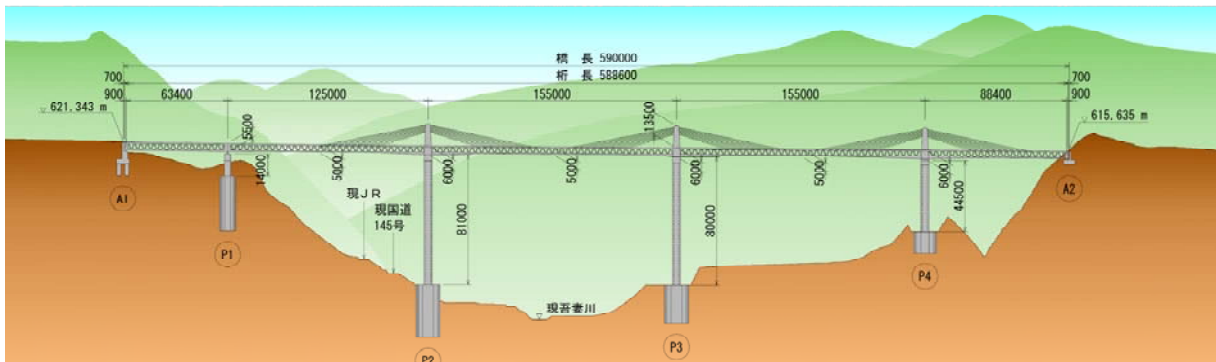
写真-1

「PC複合トラス」と「エクストラードズド橋」を融合することにより、国内のPC複合トラス橋の実績としては、最小の桁高（6.0m）で最長のスパン（155.0m）を実現した。

本橋の設計・施工にあたっては、橋梁としての所要の性能や安全性を確保するとともに、付替道路としての機能、観光・景観等の地域特性への配慮が求められ、いくつかの技術的課題を解決する必要があった。

その中でも、トラス格点部については、木ノ川高架橋（近畿地整）で実績のある鋼製ボックス式格点構造を採用したが、従来以上の耐荷力が要求され、応力解析等による検討を十分に行う必要があった。

本稿では、不動大橋の設計から完成に至るまでのプロセス（図-2）と新たな橋梁形式について紹介する。



橋種	道路橋	設計活荷重		B活荷重	
構造形式	上部構造	PC5径間連続 鋼・コンクリート複合トラス・エクストラードズド橋			
	下部構造	A1:逆丁式橋台-梁礎杭 A2:逆丁式橋台-直接基礎 P1:普通鋼強度(24N)RC 欄柵-梁礎杭 P2~P4:高強度(40N)RC 欄柵-梁礎杭			
橋長・支間割	橋長 590.0m	支間割 63.4m+125.0m+2@155.0m+88.4m			
幅員構成	有効幅員(標準階)13.0m	内訳:歩道3.0m+車道7.0m+歩道3.0m=13.0m			
主材料数量	上部構造	コンクリート 8,222m ³ (1.07m ³ /m ²)	下部構造		
	鋼管 863.2t(111kg/m ²)	コンクリート合計 20,922m ³ (2.71m ³ /m ²)			
主な施工方法	上部構造 超大型移動作業車を用、片持ち張り出し架設		下部構造 P2・P3 :スライディングフォーム工法		
工期	平成16年3月～平成23年3月				

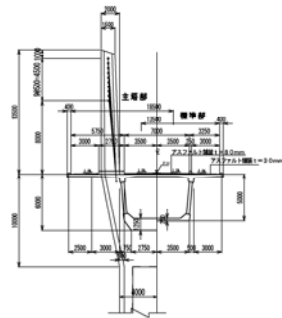


図-1 橋梁一般図

2. 基本設計

橋梁形式は、複数比較した結果、一般的にスパンが100～200mのものがコスト面で有利になると言われているエクストラード橋が優位となり、これを採用した。

本橋梁形式の桁は、これまでPC箱桁が一般的であったが、過年度に策定された八ッ場ダム事業に関する景観デザインコンセプトである「シンプル・透過性・自然環境への眺望を確保」の実現を図るため、桁橋で施工実績のある鋼・コンクリート複合トラス構造にした形式を比較に加えた。

ウェブ構造をコンクリートから鋼管にすることで、全体工事費が約3%安価となり、また、図-3の完成予想CGで分かるとおり、コンクリートウェブと比べると複合トラスの方が透明感があり、景観デザインコンセプトに適合する。結果、新たな橋梁形式であるが、施工性、経済性で有利となり、また、景観への配慮も可能な鋼・コンクリート複合トラス・エクストラード橋とすることとした。

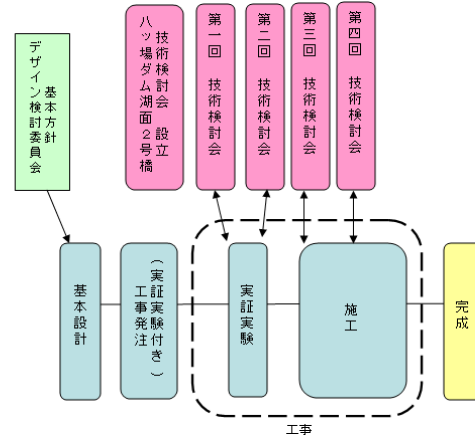
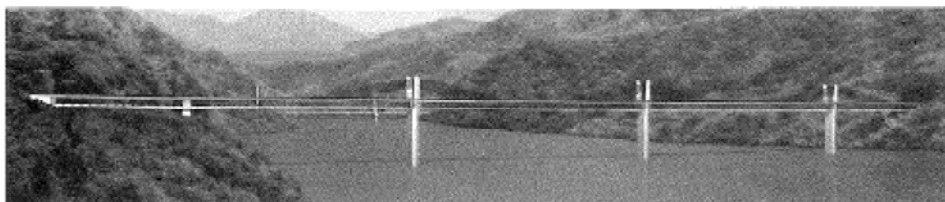


図-2 フロー図



(a) コンクリートウェブ



(b) 複合トラス

図-3 完成予想CG

3. 工事発注

複合トラスとエクストラード橋を融合した世界初の橋梁形式であるため、複合トラス格点構造部の実証実験を工事に含め、鋼・コンクリート複合トラス構造の安全性を検証した上で施工することとした。また、高度な施工技術や特殊な施工方法の活用により、社会的便益の向上（施工日数の短縮等）を期待し、高度技術提案型（Ⅲ型）の総合評価落札方式を採用した。

4. 技術検討会

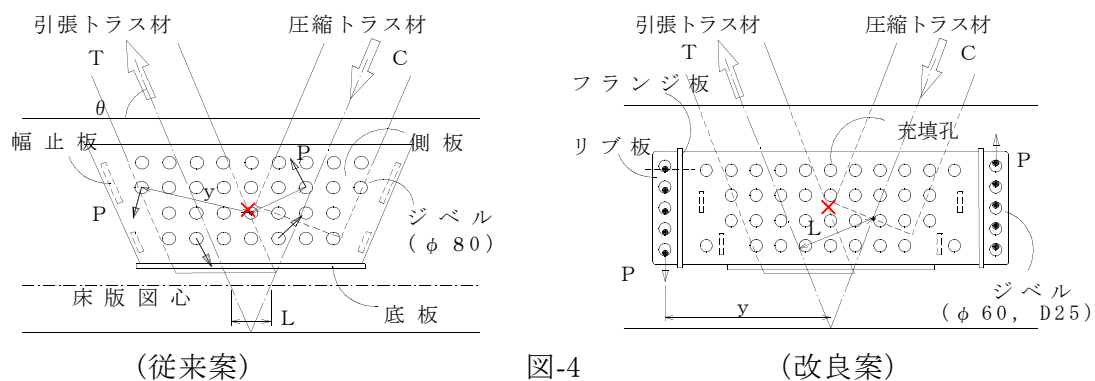
技術的課題を解決するため、実証実験の評価及び製作・施工に関する指導・助言を頂く場として「八ッ場ダム湖面2号橋技術検討会」を設置した。同検討会は橋梁専門家により構成され、本橋の要求性能や構造特性等を踏まえ多方面から検討をおこなった。

技術検討会の開催工程は図-2のフロー図に示すとおり「実証実験内容の検討」、「実証実験結果の検討」、「施工計画の検討」、「施工状況の確認」の4回開催し、検討会での結果が常に現場に反映出来るようにした。

5. 実証実験


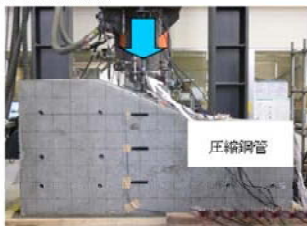

本橋のトラス格点部は、1. で述べたとおり従来以上の耐荷力（木ノ川高架橋と比較してトラス軸力が倍増、ほぼ同一寸法の格点部で2倍の耐力）が要求された。そこで1/2モデルの実証実験とFEMによる解析的検証を実施し、新たに「改良鋼製ボックス構造」を考案した。FEMによる解析的検証は、特に格点部近傍への初期ひび割れの発生抑制について入念に検討し、全作業工程（コンクリート打設時、内・外ケーブル緊張時、作業車移動時、斜材ケーブル緊張時）でのコンクリートの健全性を照査した。

従来案の格点部の構造は、鋼製ボックスの側板に設けたジベル孔で圧縮・引張の偶力による回転力に抵抗する構造に対し、改良案の格点部の構造は鋼製ボックス外側のリブ板に設けたジベル孔で回転力に抵抗する構造になっている。（図-4）



5. 1 実証実験の内容および結果

実証実験は、今回考案した「改良鋼製ボックス構造」を含む格点部の設計手法の妥当性を確認するために、実験A「格点構造の静的載荷実験」、実験B「圧縮管先端部の耐力確認実験」及び実験C「圧縮鋼管の引抜き耐力確認実験」のケースをおこなった。表-1に実験の概要及び結果を示す。

表-1			
項目	実験A 格点構造の静的載荷実験	実験B 圧縮鋼管先端部の耐力確認実験	実験C 圧縮鋼管の引抜き耐力確認実験
実験目的	格点構造の基本性能(主要な荷重伝達機構や終局耐力)の確認	圧縮トラス材先端部の支圧耐力および荷重伝達機構の確認	L2地震時正負交番載荷に対する圧縮トラス材引抜き耐力の確認
実験方法	水平加力試験(鋼管下端をピン支持) 	鉛直加力試験 	鉛直引抜き試験 
結果	・設計計算で想定している、格点部に作用するせん断力の分担率(鉄筋:側板=3:7)が妥当であることを確認	・最終耐力が設計荷重時の3倍を超える耐力となり、十分な安定性があることを確認	・鋼管の埋込み長を深くすることで、格点部のしん性が向上することを確認 ・実施工では、外部ジベルの径はφ25にした方がよいことを確認

6. 不動大橋の施工

本橋の施工は、実証実験の結果及び技術検討会での検討結果等が反映され、特に主要部材の供用性、安全性、耐久性、施工品質の確保及び維持管理性の向上が図られた。

6. 1 主要部材（鋼管トラス）

鋼管トラス部材には耐候性鋼材を採用し、一般部には景観仕様の鍍安定処理、下端埋め込み部にはウレタン防水を処理することで、長期的な耐久性確保を目指した。

また、同一条件で作成した埋設部供試体を本橋の下床版上に暴露しており、万一変状が発生しても、本供試体を解体し補修方法立案などに使用できるよう配慮した。

6. 2 主要部材（ケーブル）

斜材ケーブルと外ケーブルには、重防食構造のノングラウト式セミプレファブケーブルを採用した。工場にて被覆し、現場でのグラウト作業を省略できたことにより、品質の向上はもちろん、工程の短縮にもつながった。

また、斜材の空力不安定振動による振動対策として高減衰ゴムダンパー式制振装置を採用することにより、安全性及び維持管理性の向上も図られた。

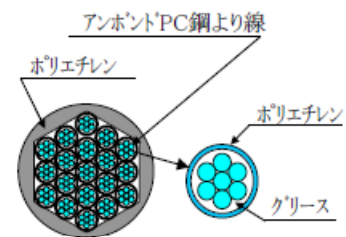


図-5 ノングラウト式
セミプレファブケーブル

7. おわりに

工事が竣工し、実際に現地に立ってみると、完成予想CGで検討したとおり、複合トラス構造は自然環境に対する阻害感が少なく、軽快感、透過性が感じられた（写真-2）。また、エクストラドーズド橋特有の美しい橋体（主塔、斜材ケーブル等）や眺望などにより、完成前から多くの見物者が訪れている。新川原湯温泉の入口に位置することから、ランドマークとしても親しまれる橋梁になると思われる。さらに、本橋の完成により、左岸側の林地区代替地と右岸側の川原湯地区代替地が繋がれ、ダム事業に伴う生活再建の一助と成した。

今回、新しい格点構造を用いて、低い桁高のまま最大スパン長の延伸を達成したことにより、今後、PC複合トラス橋の最大スパン長は、コストを抑えながら更に延伸できる可能性が生まれた。

世界初の構造である本橋梁は、高度技術提案型（Ⅲ型）により発注し、実証実験及び技術検討会をおこないながら施工を進めたが、本年5月には土木学会賞の田中賞という名誉ある賞を頂き、本橋で行った実証実験や技術検討の成果が橋梁工学に大きく貢献できたことが評価された。

今後も高度な施工技術を活用することを心がけ、積極的に技術検討会等を実施しながら、専門家とともに、土木技術の更なる発展につながるよう努力してまいります。



写真-2