

# 横 向 大 橋

## — 押出し工法による水平面内アーチ構造の実現 —

西垣 義彦\*1・佐藤 岩男\*2・杉 明彦\*3

横向大橋は、一般国道115号土湯トンネルの福島県猪苗代町側に架かる9径間連続PC箱桁橋である。本橋は、架橋地点の地形と曲線の道路平面線形を利用し、水平面内でのアーチ作用を活用した独創的な耐震構造を有する。架設は、半径250mの曲線橋であること、橋脚がスレンダーであることなど、国内実績を超える条件のなかで押出し施工された。種々の技術的課題に取り組み、当技術協会賞とともに平成2年度の土木学会田中賞（作品部門）を受賞した。横向大橋の魅力は、コンクリートの曲線構造美と大自然とマッチする景観美にある。当時の技術的課題を振り返るとともに横向大橋の現況について報告する。

キーワード：曲線橋、押出し工法、アーチ構造、構造美

### 1. 工事概要

横向大橋は、一般国道115号土湯峠地内の冬期交通を確保するために計画された土湯道路に建設されたPC橋である。施工箇所は福島県耶麻郡猪苗代町大字若宮地内、標高1000m付近にあり、建設当時の橋名は横向1号橋である。本橋は、橋長350m（標準支間42m）、幅員8.5mの9径間連続曲線PC箱桁橋である（写真-1、図-1）。上部工は、昭和62年11月に福島県喜多方建設事務所より発注され、平成2年11月に竣工した。設計者は星野邦男橋梁設計事務所、上部工施工者は、当時のピー・エス・コンクリート（株）と（株）会津工建社の共同企業体である。

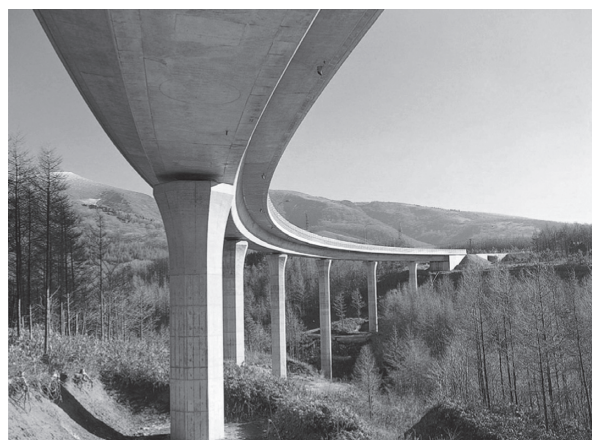


写真-1 横向大橋（平成2年完成写真）

### 2. 独創的な水平面内アーチ構造

本橋は、平面線形上のアーチ形状を利用し、水平面内でのアーチ作用を活用した構造である。鉛直方向の作用荷重に対しては、両端支点でねじりを拘束し、中間支点では無拘束とした9径間連続の平面曲線桁である。橋脚部は1点支承、橋台部は2点支承である。温度変化や地震など水平方向の作用に対しては、水平面内で両端支点を基本的にピン支持とした水平面内アーチ構造である。橋軸方向の移動

を拘束する水平沓があって成立する（図-2）。アーチ作用を利用するため、桁に作用する水平力は軸力として橋台に伝達し、橋脚に作用する水平力を減じることによって、スレンダーな橋脚と小規模な基礎構造を可能としている。大きな水平反力を受ける橋台は、支持層が比較的浅い位置にあり、本橋の構造系に対し有利な条件となっている。横



\*1 Yoshihiko NISHIGAKI

現職

（株）ピーエス三菱  
技術本部 副本部長

当時

ピー・エス・コンクリート  
（株）仙台支店 工務部



\*2 Iwao SATO

福島県 土木部  
道路管理課 課長



\*3 Akihiko SUGI

福島県 土木部  
道路整備課 課長

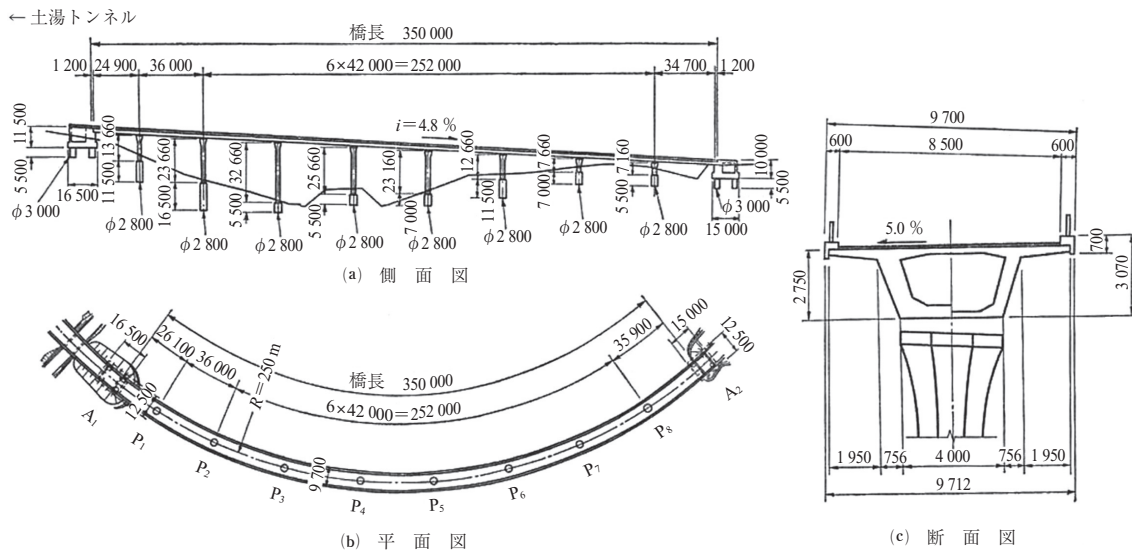


図 - 1 横向大橋一般図<sup>4)</sup>

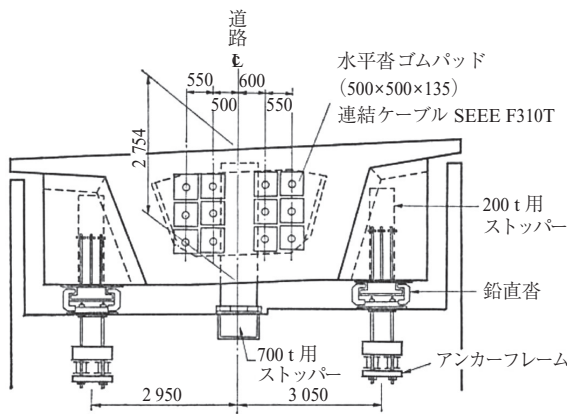


図 - 2 橋台上支承構造 (断面図)<sup>4)</sup>

向大橋の設計思想は、山岳斜面の地形改変を極力避け、磐梯朝日国立公園内の環境保全に配慮することにあった。

### 3. 前例のない橋梁形式の技術的課題とその対応

#### 3.1 押し出し架設精度と安全施工に課題

上部工の架設は、地形、道路線形、国立公園の自然環境などを踏まえて、A<sub>2</sub>橋台後方で桁を製作し、順次A<sub>1</sub>橋台方向に押し出していく工法が採用された。曲線半径250 m、縦断勾配4.8%に対する線形対応と、橋脚がスレンダーなため、高橋脚では押し出し架設時の摩擦水平力による脚頭部の過大な水平変位と深礎基礎の安定が懸念された。

喜多方建設事務所へ初回の打合せに向かう途中、旧115号土湯峠を下った付近から眼下に、橋脚が立ち上がっていく下部工の進捗を身が引き締まる思いで、見たことを今でも忘れない。果たして、この谷間の中に鉛筆を立てたような細い橋脚の上を、安全に押し出し工法で精度よく架けられるだろうか？と、眼に焼きつけた映像をイメージしながら、打合せに臨んだことを覚えている。

#### 3.2 支持条件、構造詳細の検討、安全性の照査

11月発注後、冬期施工中止の間、精力的に構造照査、

設計照査および施工検討を行った。主桁製作台工を3月に着手し、3月に完成させる工程となっていた。本社指導のもと、現場、機材計画の精鋭メンバーと若手中心の設計メンバーの作業は、連夜遅くまで続いた。

押し出し工法の主桁製作台、型枠を決定することは、のちの構造変更、施工精度・品質、工程、コストに与える影響が大きいため、十分検討する必要があった。とくに手延べ桁が取り付く先端ブロックは、本橋のもっとも重要な端支点構造の部位であり、種々のものがひしめくように配置される。

施工を具体化していく過程において、まさしく物理的にそれぞれが配置可能か、施工の確実性、耐久性への影響、完成系構造のみならず架設系途中の構造の安全性を個々に、また架設系から完成系に移行する段階的な手順に問題ないか、施工の可否を含めて多くの課題をクリアしなければならなかった。総合技術力の真価が問われるところである。

設計者の星野邦男博士を含めた喜多方建設事務所での三者協議は、毎回長時間にわたった。ときに激論を交わすこともあった。

押し出し施工に伴う主な技術的課題と対応を表-1に示す。

#### 3.3 対応方針決定後の工事詳細設計実施

発注設計の地震応答解析は、旧建設省土木研究所作成の平均的な加速度応答スペクトルを求め、入力地震水平加速度は150 gal、解析モデルの支持条件は、水平沓ヒンジ、橋脚支承ヒンジである。地盤定数は不確実性があるため、地盤バネ定数は上限値、下限値のそれぞれについて解析している。詳細設計で比較検討した静的地震解析は、地盤定数に代表値を用い、水平沓弾性ヒンジ、橋脚支承ヒンジまたはせん断バネとした。橋台に作用する橋軸方向反力結果は、動的解析が1027 tf、静的解析が918 tfであった。長周期挙動を示す動的解析結果が安全側の断面力となった。

各種構造検討では、杭頭変位、脚頭変位から支点をバネ

表 - 1 押し出し施工に伴う主な技術的課題と対応

	技術的課題	対応
①	先端ブロック端支点横桁構造 支承、ストッパー、鋼材配置 支持条件の照査	あと施工張出し横桁の設置、 支承・ストッパー配置の変 更→回転機能の照査
②	フレキシブル橋脚変形制御・ 基部応力、深礎基礎の安定	仮設斜材ケーブル設置 (SEEE F270T)、P <sub>2</sub> -P <sub>6</sub>
③	押し出し軌道の横方向制御	P <sub>7</sub> 横方向補強壁体の設置
④	橋脚頭部形状一定（滑り支承 受け部の仮設ブロック化）	橋脚頭部一体打ちの拡幅形 状に変更
⑤	工期短縮と斜ウェブ充填性向 上（過密鉄筋）	国内初の箱桁下床版先打ち 方式採用→水平打継目
⑥	押し出し装置（集中反力方式） の引張アンカー部	床版引張アンカー開口部の 安全性検討

モデル化し、極力、2次元モデルとして解析した。当時のミニコンピュータは今と比べて計算時間を要した。応力計算は、軸力の作用する2軸曲げと下床版先打ち断面を考慮した作成プログラム（BASIC）により行った。

構造特性から配置鉄筋量は、標準部でコンクリート1m<sup>3</sup>あたり230kg程度と多く、詳細図の作成では、配筋、PC鋼材、補強筋の配置で苦労したというのが実情である。

### 3.4 計測管理と構造性能の検証

橋脚を仮設斜材で補強し、横方向制御壁体を設けた条件



写真 - 2 押し出し架設状況

での押し出し施工は、わが国で初めてのものである。主桁の押し出し推力、移動軌跡、橋脚変位、仮設斜材の張力などの計測を行いながら施工した（図 - 3）。片側斜材緊張による高橋脚の変位計測、完成系構造の水平脊連結ケーブルの緊張による桁水平変位計測から構造性能を検証した。

## 4. 横方向大橋の現況について

### 4.1 雄大な自然景観とPC曲線橋の構造美

晴天の7月上旬、筆者らは現地を訪れた。土湯トンネルを猪苗代町側に抜けると1kmぐらいたる所に横方向大橋はある。所要時間は福島市から車で1時間ほどである。眼前には吾妻連邦、後ろには安達太良山が控え、雄大な自然景観が飛び込んでくる。横方向大橋は高森川がつくり出した沢地形の自然林のなかを横架している（写真 - 3）。

横方向大橋は完成してから、はや22年が経過した。PC曲線箱桁橋と地震国でありながらスレンダーな橋脚のフォルムが軽快で美しい。建設当時と違って周りの樹々もすっか

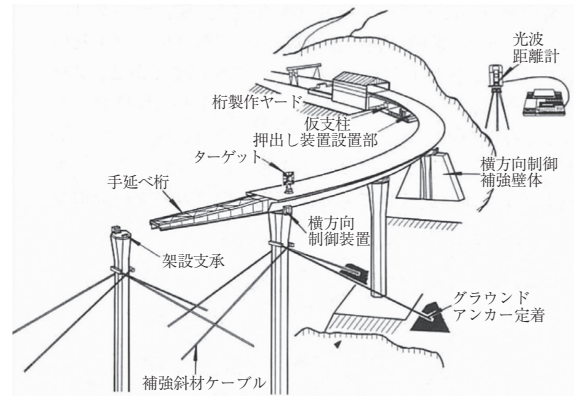


図 - 3 押し出し架設設備<sup>7)</sup>



写真 - 3 A<sub>1</sub>橋台からA<sub>2</sub>橋台方向を望む

り伸び、緑と一体となっていた。橋の全景を見渡すことができないので、全景を撮影する好時期としては晩秋か春先かもしれない。

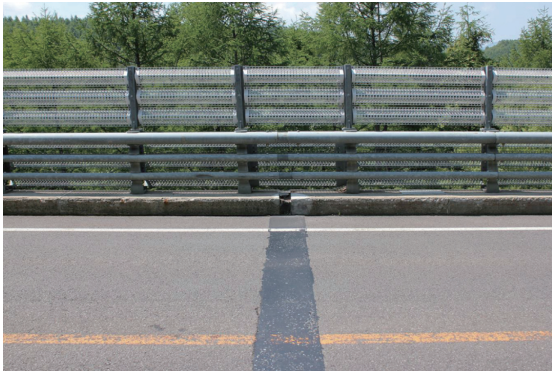
A<sub>1</sub>橋台のためには、平成2年度土木学会田中賞受賞の記念碑がある。橋面上を実際歩くと、あらためて横方向大橋の平面線形の曲率と縦断勾配の大きさを実感する。

### 4.2 水平面内アーチ構造橋台支点部の調査

現地は、2011年東北地方太平洋沖地震で震度6弱を記録したが、横方向大橋に被害はなかった。水平荷重に対して両橋台で弾性固定支持された2ヒンジアーチ構造として応答するため、伸縮継手は埋設型ジョイントの機能で満足する。桁端部の地覆、高欄伸縮部に着目したが、地震動による損傷の痕跡は認められない（写真 - 4）。地覆部に損傷が認められるのは、除雪車排雪板の接触や劣化によるものと想像する。橋脚上の反力分散ゴム沓のせん断変形に異常は認められず、水平面内アーチが正常に機能していると考えられる。

両橋台支点付近を橋梁下から調査した。橋台脇から夏草や低木が生い茂るなかをかき分けて橋梁下に入った。写真 - 5はA<sub>2</sub>橋台側である。上部構造本体の外観に異常はないが、橋座中央付近から壁前面を伝って濡れている。埋設ジョイント部あるいは胸壁部からわずかな浸み出しがあるとと思われる。A<sub>1</sub>橋台側も同様に水の浸み出しを確認した。

支承周りの状態は直接確認できなかったが、維持管理の

写真 - 4 A<sub>2</sub>橋台の埋設型伸縮ジョイント写真 - 5 A<sub>2</sub>橋台支点部の状況

ポイントはなんといっても水平面内アーチ構造を構成する端支点構造の機能維持がポイントとなる。橋座の両側面に端支点構造を防護するコンクリート壁があり、水平沓など桁端部の目視点検が困難な状況となっている。

#### 4.3 横向大橋の美しさ

間近に見た上部構造の出来映えは、風雪22年の経過を感じさせない。良質な施工が行われており、積雪寒冷地の厳しい環境条件にありながら、押出し施工ブロックに伴う鉛直打継目とウェブの水平打継目も健全である。

本橋の排水管は横引き、縦引きをせず、張出し床版から垂れ流しとしている(写真 - 6)。排水の飛散による桁側面の汚れもさほどなく、景観的にもすっきりとしているので、景観性、維持管理に配慮した事例として紹介できる。

横向大橋の美しさは、コンクリートの曲線橋、等桁高、

写真 - 6 P<sub>1</sub>橋脚付近の外観と排水処理

斜めウェブ、箱型橋台、スレンダーな八角形断面の橋脚といった力学的バランスのとれた構造によるところが大きいと思われる。さらに、難度の高い施工に取り組んだ関係者の熱意と想いが伝わってくる完成度が感動と景観美を与えているのではないだろうか。

#### 5. 横向大橋から学ぶもの

構造検討において、力の流れと変形のイメージを描く能力が必要なこと、構造性能をある一定条件で評価するのではなく、条件の幅をもってあるいは解析モデルを替えて、照査し、モデル化の精度を評価することが大事であること。

施工時において、架設構造系では水平面内アーチが成立しないため、他工法においても地震水平力に対して橋脚補強が必要となり、押出し工法が最適な工法であったこと。

維持管理において、とくに特殊な構造形式においては、どこがもっとも重要部位であるか？ 橋梁点検のポイントを継承し、維持管理に配慮することが大事であること。

横向大橋は、押出し工法の実績として曲線橋の適用範囲を飛躍させたばかりではなく、山岳橋梁のあり方を示すことができた。今後、環境保全、維持管理コスト、防災意識が高まる状況のなかで、合理的構造、耐久性、景観、耐震、維持管理への要求性能が総合的に求められてくるだろう。適切に維持管理をして、名橋として後世に引き継いでいかなければならない。

最後に、計画・設計で多大なご指導をいただいた旧建設省国道第二課、土木研究所橋梁、基礎、耐震各研究室に、また、設計・施工に携わった多くの関係者に、そして当時、喜多方建設事務所でご工事の担当としてご尽力いただいた故小檜山茂氏に厚くお礼申し上げます。星野邦男氏には従来の橋梁形式にとらわれるのではなく、固有の地形条件と道路線形条件を融合し、新しい構造を創造した自由な発想と熱意に敬意を表します。

#### 参考文献

- 1) 江花、齊藤、松本、星野：横向1号橋の計画について、第17回日本道路会議論文集、pp.716-717、日本道路協会、1987.11
- 2) 横田、杉本、佐々木：国道115号横向1号橋の設計と施工について、プレストレストコンクリート技術協会第29回研究発表会講演概要、1989.11
- 3) 齊藤：9径間連続PC箱桁橋(横向1号橋)の施工について、第287回建設技術講習会、全日本建設技術協会、1989.11
- 4) 帰山、岡部、横田、杉本：押出し工法による9径間連続曲線PC箱げた橋の施工 - 横向1号橋 -、コンクリート工学、Vol.28、No.6、pp.42-52、1990.6
- 5) 沓沢、谷、関根、佐々木：押出し工法による横向1号橋の設計と施工、橋梁と基礎、Vol.24、No.6、pp.2-8、1990.6
- 6) 西垣、齊藤、杉本：押出し工法による横向1号橋の施工について、土木学会第45回年次学術講演会、pp.70-71、1990.9
- 7) 杉本：曲線橋の押出し施工に対応した架設設備、橋梁と基礎、Vol.26、No.8、pp.72、1992.8

【2012年9月27日受付】