

(30) 天ヶ瀬橋の設計および施工について

日本道路公団	有村 慎一郎
(株) 銭高組	佐藤 善悦
同上	○ 鈴木 眞之
同上	加藤 学

1. はじめに

天ヶ瀬橋は、東北横断自動車道(東和～秋田線)の建設工事に伴う諸資材等の搬入路として、岩手県和賀郡湯田町に位置する湯田ダムにより湖となった錦秋湖を横断架設される橋長342mのプレストレストコンクリート(以下PCと略記)道路橋である。構造形式は、PC3径間連続ラーメン橋とPC3径間連続合成桁橋の併用橋である。このうち、PC3径間連続ラーメン橋(橋長231m)は、我が国の長大道路橋において初めて外ケーブルを仮設ではなく本設として採用した点に大きな特徴がある。

ここでは、外ケーブルと内ケーブル(PC鋼棒)を併用して採用しているPC3径間連続ラーメン橋の設計および施工について報告する。

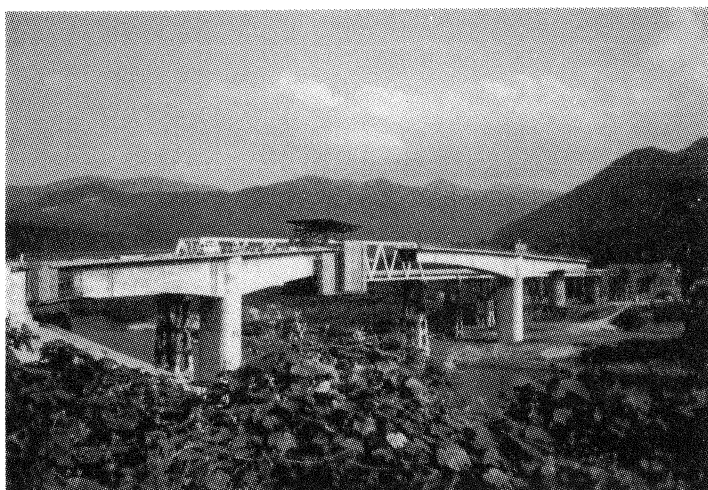


写真-1 施工中の写真

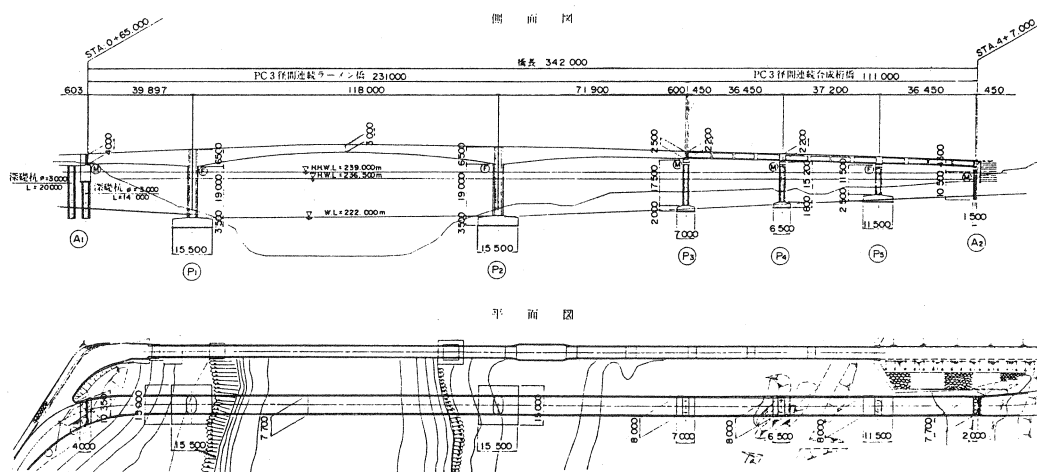


図-1 一般図

2. 工事概要

本橋の工事概要および橋梁諸元を下記に述べる。

工 事 名	: 天ヶ瀬工事用道路橋 (PC上部工) 工事
工事場所	: 岩手県和賀郡湯田町大石地内～岩手県和賀郡湯田町耳取地内
施 行 者	: 日本道路公団 仙台建設局
工 期	: 平成2年6月～平成4年9月
橋 格	: 1等橋 (TL-20)
構造形式	: PC3径間連続ラーメン箱桁橋およびPC3径間連続合成桁橋
道路規格	: 第3種4級 ($V=30\text{ km/h}$)
橋 長	: 342.000m (231.000m+111.000m)
支 間	: (39.897m+118.000m+71.900m)+(36.450m+37.200m+36.450m)
有効幅員	: 8.367m～6.500m
平面線形	: $R=30\text{m}$ $A=30\sim R=\infty$
勾 配	: 縦断 $i=4.0\% \sim 2.7\%$ 横断 $i=6.0\% \sim 2.0\%$
施工方法	: ディビダグ式カンティレバー工法 (PC3径間連続ラーメン箱桁橋)

3. 設 計

(1) 概 要

1. で述べたように本橋の特徴は、一般的な張出し施工を行った後に本設で外ケーブルを採用していることにあるので、ここで述べる内容は、外ケーブルに関することに限定し、一般的な張出し施工に関する設計については省略するものとする。尚、外ケーブル採用の詳細な理由については参考文献 1) を参照して戴くこととして、ここでは外ケーブル量の決定方針や外ケーブルの振動問題などの概要について述べることとする。

(2) 外ケーブル量の決定方針

本橋は、外ケーブルと内ケーブルの併用橋であることから、まず第1に施工時に着目し、張出し施工時の主桁のコンクリート応力度 $\sigma_{ts} = -15\text{ kgf/cm}^2$ を目標値として張出し鋼材量 (内ケーブル) を決定した。つぎに、完成系の荷重 (橋面荷重、活荷重、温度荷重 等) に対して各々許容値を満足するように外ケーブル量を決定した。この結果、外ケーブルの量は、全体のPC鋼材量に対し中間支点では 7% 程度、径間中央では 20% 程度 (導入緊張力換算) となった。外ケーブルの配置図を図-2および図-3に示す。さらに本橋は、将来交通量の増大に対する歩道拡幅計画にも外ケーブルで対応出来るように定着部およびシース孔だけを設置することとした。又、将来ケーブルの緊張スペースの確保のため、P3側の定着部は、主桁内に突起を設置し定着することとした。

側 面 図

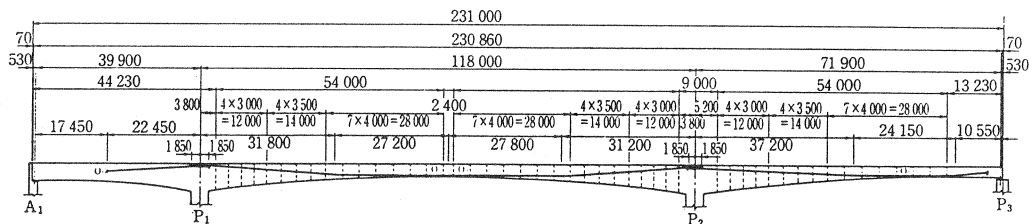


図-2 外ケーブル配置図 (その1)

(3) 外ケーブルの振動制御

外ケーブル方式を採用する場合の問題点の一つにPCケーブルの振動の問題がある。一般的には、ケーブルの固定点間隔は、10 m程度以下が好ましいと言われているが、これは載荷荷重による主桁の振動がケーブルの共振現象を誘導し、定着部や偏向ブロック部で不測の付加応力を発生させ、ひいてはケーブルの耐久性になんらかの悪影響を及ぼすためであると思われる。

本橋における外ケーブルの振動制御の問題については、まず橋梁全体の固有周期とケーブルの固有周期を比較することにより主桁とケーブルの共振の可能性について検討した。

固有値解析によれば橋梁全体の固有周期は、 $T=0.63 \text{ sec}$ (1次モード)であった。また、ケーブルの振動周期をケーブル自体の慣性力を無視した次式にて求めると

$$T_n = 2L/n\sqrt{m/F}$$

上式中、 F : 緊張力 (105t)

m : 単位長さ当りの質量 ($0.0023 \text{ tf sec}^2 / \text{m}^2$)

L : ケーブル固定間の距離 (最長 35.505m)

n : 考慮する振動次数

$T_n = 0.33 \text{ sec}$ となる。

図-3 外ケーブル配置図(その2)

いま、横桁間を自由長とした場合、ケーブルの振動周期と橋梁全体の固有周期は一致しないが、自動車荷重の衝撃周期とケーブルの振動周期が一致し、ケーブルが共振することが危惧されるため、ケーブルの振動周期を主桁の固有周期の1/10程度以下まで押さえるべく(例えば、固定点間距離 $L=8.0 \text{ m}$ の場合 $T_n = 0.07 \text{ sec}$ となる。)、ケーブルの固定点間隔を変更することを検討中であり、現在ケーブルの保持方法についても検討中である。図-4に主桁のモード図を示す。

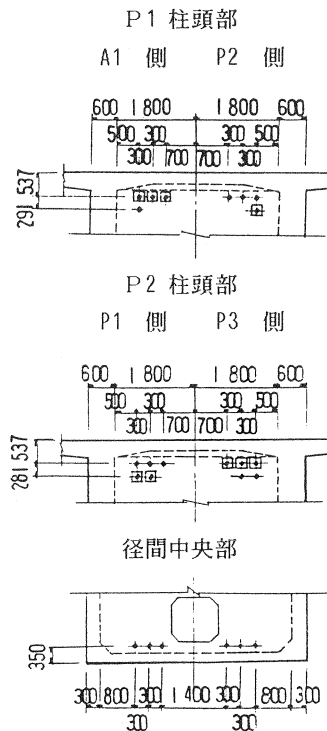
1次モード ($T=0.63 \text{ sec}$)



2次モード ($T=0.55 \text{ sec}$)



図-4 主桁モード図



(4) 定着部及び偏向部の設計

外ケーブルの定着部及び偏向部には、外ケーブルの腹圧力による引張力や割裂力に対する鉄筋を配置し対処した。又、ケーブルを定着した横桁には、押抜きせん断に対する検討をするとともに、横桁壁を四辺が準固定スラブとして検討し、Pigeaud の方法により必要鉄筋を配置した。²⁾

4. 施 工

(1) 施工概要

本橋の施工順序を図-6に示す。本橋の特徴として外ケーブルを本設として採用していることは、すでに述べたが、その他の特徴として橋梁の支間割があげられる(図-1参照)。これは湯田ダムの貯水量に関係しており、制限水位時における下部工(橋脚)の施工可能範囲により決定されている(図-7)。この為、本橋は、A1側径間端部付近の張出床版側と箱桁内にカウンターウェイトを有する構造となっており、P1からの張出架設に伴って順次打設する方法を採っている。

(2) 冬期における張出架設

本橋の架設される湯田町は、奥羽山脈の東側に位置し、春～秋は内陸性気候区に属しているが、冬期間の気象はむしろ日本海側気候区に近く、積雪は秋田県側よりも多く、横手市が10年平均値で126cm に対し、湯田町は183cm を記録している。このような自然環境下のもと、ワーゲンの冬期養生設備を改良することにより、12月～4月中旬までの冬期施工休止期間である当初予定を変更し、P2 橋脚からの張出架設を行い下記的好結果を得た。

- ①：工期を1ヶ月短縮できた。
- ②：工事最盛期における作業員を半減でき、必要作業員を均等化できた。
- ③：ワーゲンをP1 からの張出架設に転用できた。

尚、図-8に湯田町の気象グラフを、又、図-9に冬期施工時ワーゲンの養生図を示す。

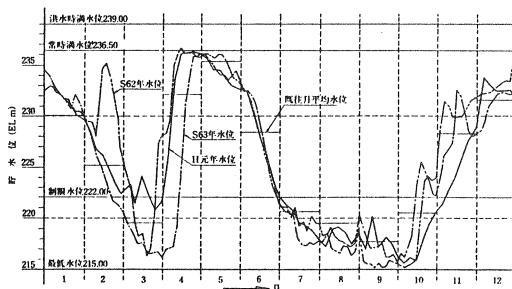


図-7 湯田ダム年間貯水位曲線図

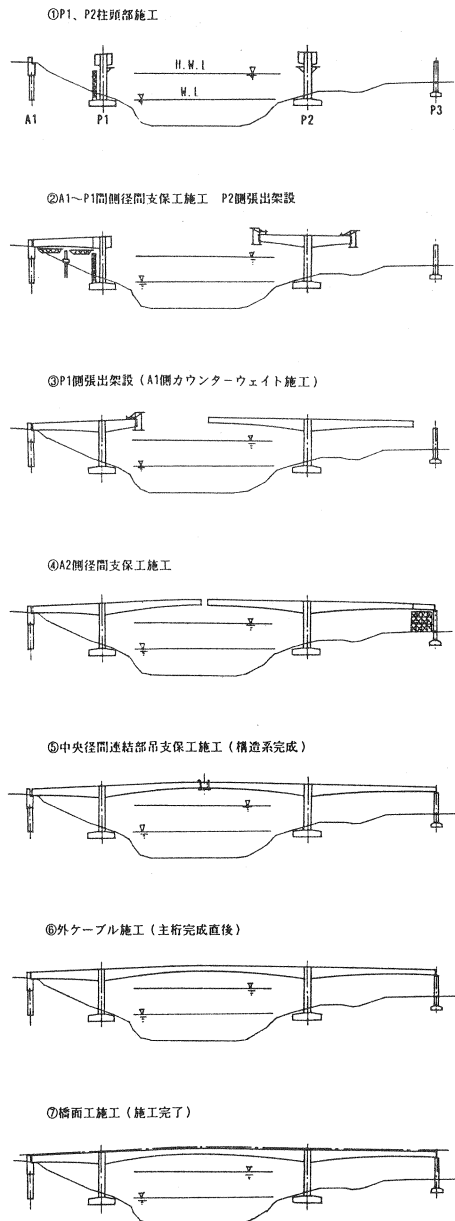
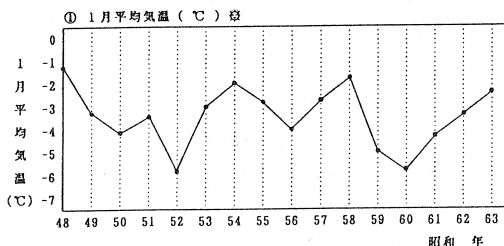


図-6 施工順序図

1月平均気温(℃) ①



最大積雪深(㎝) ②

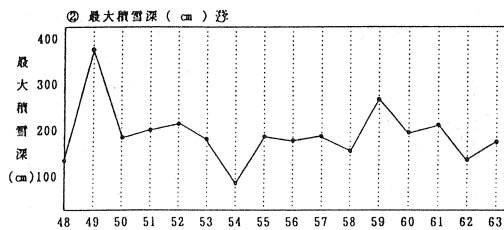


図-8 湯田町の気象グラフ図

側面図

正面図

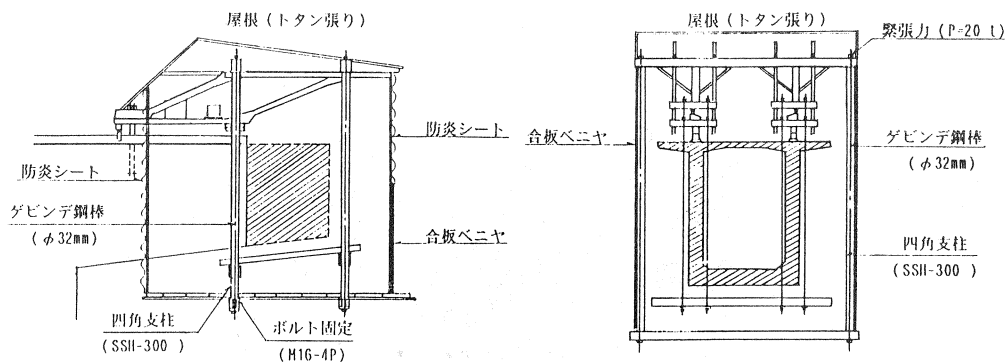


図-9 冬期養生ワゲン図

(3) 外ケーブル施工に対する対応
外ケーブルの定着部や偏向部(横桁)には、ケーブルの線形形状に加工した鋼管を予め埋め込んだ。又、ケーブルの挿入を想定して橋面上に挿入口を設けるなどの対応を行った。写真-2及び写真-3に鋼管の設置状況及び定着具の設置状況を示す。

次に、外ケーブルの保護管(シース)の選定についてであるが、施工実績によれば鋼管や高密度ポリエチレン管(PE管)が一般的であるが、当初計画においては塩化ビニール管を選定していたものの、施工実績や文献等を調査し、さらに耐久性等の性能面や施工性の検討を重ねた結果、薄肉の鋼管を採用することとした。(写真-4)

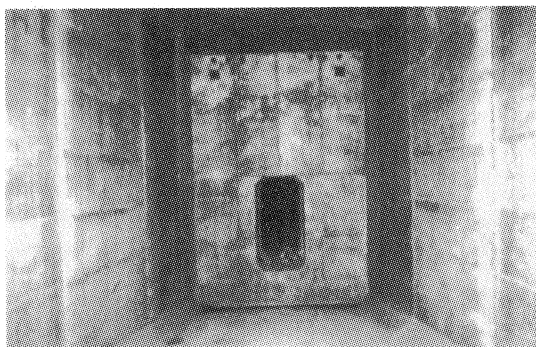


写真-2 P1 柱頭部鋼管配置状況



写真-3 横桁部定着具配置状況



写真-4 外ケーブル保護管

5. おわりに

我が国の長大道路橋において初めて外ケーブルを本設で採用した天ヶ瀬橋の設計及び施工についての概略を報告した。本橋は、12月には中央連結部の施工も終了し、いよいよ外ケーブルの設置、緊張及びグラウト施工にかかるべく順調に、さらに急ピッチで施工を行っている状況であり、外ケーブルと内ケーブルを併用した橋梁の完成も秒読み段階にはいった。機会があれば外ケーブルに関する振動制御方法や施工方法の詳しい報告をするつもりである。

本橋のごとく将来なんらかの付加荷重を想定して橋梁を計画する場合やプレキャストブロック工法との併用の場合など、外ケーブル方式の採用は大いに有効な手段であると思われる。今後、国内において外ケーブルを用いた橋梁が施工される場合に、本報告書が多少なりとも参考になれば幸いである。

参考文献

- 1) 日野虎彦・長江 進 著：天ヶ瀬橋の設計、プレストレストコンクリート、VOL.32, No5, SEPT.-OCT., 1990
- 2) 土木学会編：鉄筋コンクリート二方向スラブの曲げモーメントの計算方法、国鉄建造物設計標準解説(鉄筋コンクリート構造物および無筋コンクリート構造物、プレストレストコンクリート鉄道橋)、P357～P376, 昭和58年