

デザインビルト方式契約による PC 7 径間連続箱桁橋の設計・施工 Design and Construction of Prestressed Concrete Bridge (Box Beam Rigid Frame Bridge with 7 spans), awarded as Design & Built Contract

山本 伸一*	小宮 喜一**
Shinichi Yamamoto	Yoshikazu Komiya
棚瀬 勝広*	鳥居 雅之**
Katsuhiro Tanase	Masayuki Torii
鳥取 一雄***	土屋 光弘**
Kazuo Tottori	Mitsuhiro Tsuchiya

要 約

大津信楽線 24 号橋工事は長大多径間道路橋の上下部一体工事で、デザインビルト方式（設計・施工一括発注方式）で契約された試行工事である。

本報告書は、自然環境との調和に配慮したデザインビルト方式契約での PC 7 径間連続ラーメン箱桁橋の設計・施工について報告するものである。

目 次

- § 1. はじめに
- § 2. 工事概要
- § 3. デザインビルト方式契約について
- § 4. 技術提案・詳細設計
- § 5. 上部工の緊張管理と上げ越し管理
- § 6. まとめ

§ 1. はじめに

大津信楽線 24 号橋（仮称）は、大戸川ダム建設で水没する主要地方道大津信楽線の付替え道路の一部として、滋賀県大津市上田上桐生町桐生辻～栗東市荒張地先間に建設される道路橋である（図-1 参照）。

本工事は、橋長・道路規格等の基本性能のみを規定し、技術提案を受け付けた上で、実施設計および施工を一括して発注するデザインビルト方式（設計・施工一括発注方式）で契約された。その結果、大津信楽線 24 号橋は PC 7 径間連続ラーメン箱桁橋で建設されることとなった。なお、橋梁施工箇所は、自然公園内で保安林の中に位置しているため、幅 20m の保安林解除区域内で工事を行う必要があり（図-3 参照）、かつ自然環境の保護、稀少生物の保護についても特別の配慮が必要であった。



図-1 施工位置図

§ 2. 工事概要

橋梁下部工は橋台 2 基、橋脚 6 基からなり、橋脚基礎は直径 8.0m～9.0m の大口径深礎基礎である。橋梁上部工は片持ち架設工法による張出し施工（カンチレバー工法）を行った。橋梁一般図を図-2 に示す。

- (1) 工 事 名：大津信楽線 24 号橋工事
- (2) 発 注 者：国土交通省 近畿地方整備局
- (3) 工事場所：滋賀県大津市上田上桐生町桐生辻～栗東市荒張地先
- (4) 工 期：平成 13 年 11 月 9 日～平成 17 年 3 月 10 日
(内詳細設計：平成 13 年 11 月 9 日～平成 14 年 3 月 31 日)

* 関西（支）信楽（出）

** 土木設計部

*** 関西（支）斑鳩（出）

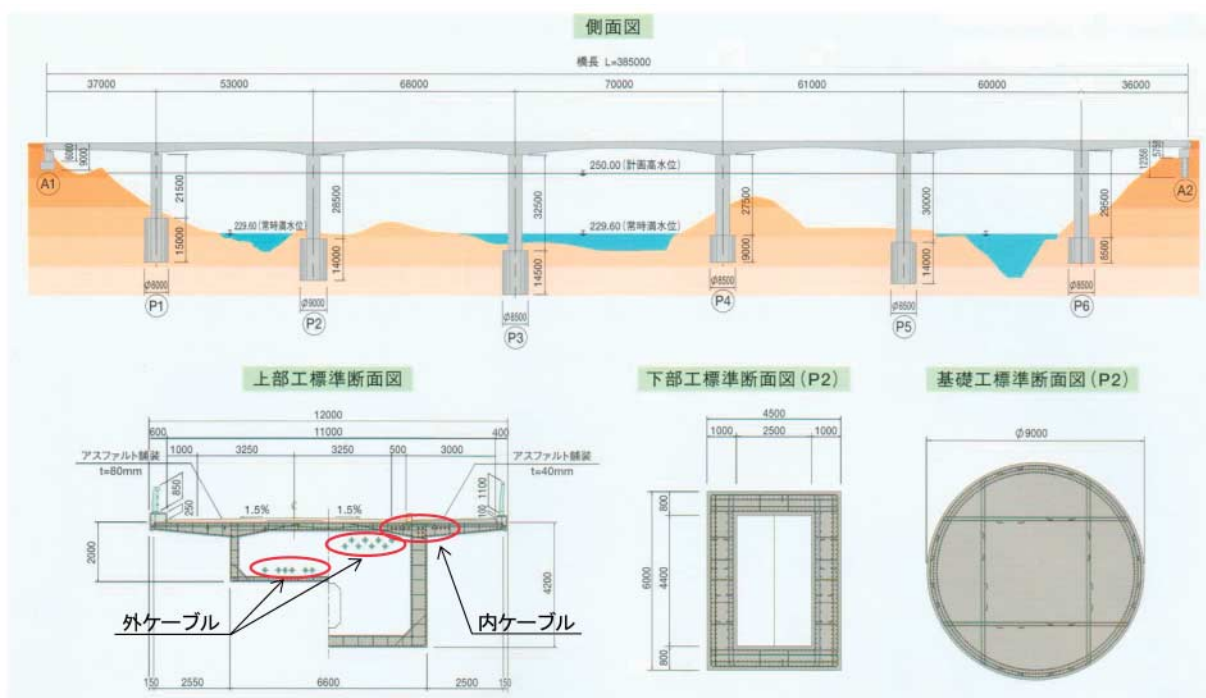


図-2 橋梁一般図

(5)設計・施工：西松・東急特定建設工事共同企業体

(6)工事内容

橋梁形式：PC 7 径間連続ラーメン箱桁橋

橋 長：L=385m

有効幅員：8.0（車道）+ 3.0（歩道）= 11.0m

a. 橋梁上部工

・橋体工 コンクリート：約 3,500m³

型 枠：約 12,200m²

鉄 筋：約 540t

PC 鋼 材：約 170t

・支承工：6 基（A 1：2517.7kN×2 基，A 2：1573.2 kN×2 基，P 1：7114.0kN×2 基）

・橋梁附属物工：地覆工，橋梁高欄工，排水工他 1 式

・橋面舗装工：4,140m²

b. 橋梁下部工

・橋 台：2 基（A 1 直接基礎，A 2 深礎基礎φ2.5m）

・橋 脚：6 基（深礎基礎φ8.0m～φ9.0m）

c. 仮設工

・工事用道路，濁水処理設備工 他

1 つの案に決められない場合。

②設備工事等で設計と製造が密接不可分な場合。

③完成までに非常に厳しい工程を強いられ，設計を終えてから工事を発注するという時間的余裕がない場合。

本工事の場合，急峻な地形での工事であること，技術の進歩等により適切な技術提案を受け，設計・施工を一括して発注することが適していることから，上記①の理由により試行的に発注された。

なお，DB 方式契約ではリスク分担が課題となるが，近畿地方整備局のリスク分担の考えは以下のとおりである。

①想定しうるリスクを洗い出し，その性質を把握することにより，発注者と受注者のリスクに対する分担を明らかにする。

②原則としてリスクは受注者が負担する。

③受注者が負担できないリスクがある場合には，発注者が負担することができる。

④発注者が負担するリスクは，契約図書に明記する。

⑤発注者が入札手続き及び契約前に提供する資料は，設計条件として提供するものと，参考として提供するものとを明確にする。

§ 3. デザインビルト方式契約について

デザインビルト方式（以下 DB 方式）契約とは，一つの企業あるいは事業者が一体的に設計と施工を実施するもののうち，設計の契約と工事の契約を同時に行う契約のことである。

DB 方式契約が適している工事としては，以下の場合があげられる。

①施工方法が異なる複数の案が考えられ，施工方法等によって設計内容が大きく変わるなど，設計内容を

§ 4. 技術提案・詳細設計

4-1 技術提案

本工事の技術提案に当たり，自然環境との調和，およびコスト削減を目指して以下のように提案を行った。

(1) 上部工

橋梁形式は，用地条件，工程，施工性から 6 径間または 7 径間が適用可能であったが，7 径間の方が経済性に

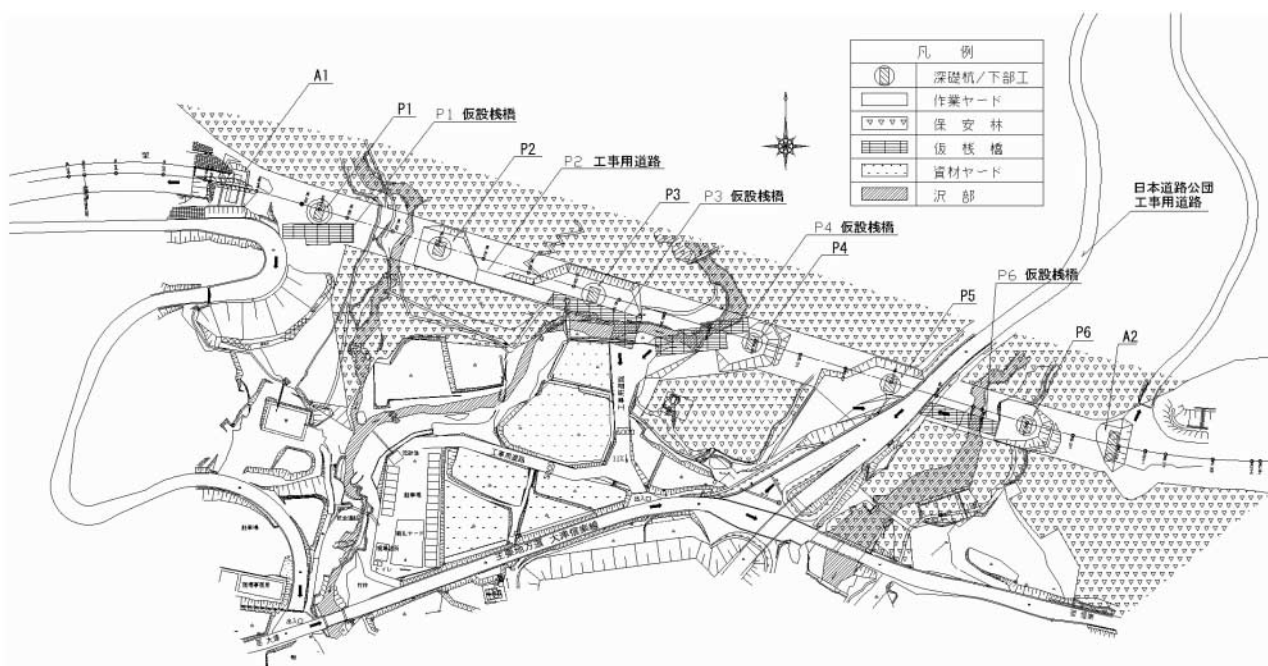


図-3 仮設計画平面図

優るため、橋梁構造を以下のとおりとした。

- ①橋梁形式は PC 7 径間連続ラーメン箱桁橋とした。
ただし、橋梁の温度変化等による伸張の影響を緩和するため、P1 橋脚には支承を配置し、上部工と分離した。
- ②上部工主方向 PC 鋼材の配置は、内外ケーブル併用方式とした。

なお、上部工の横締め PC 鋼材にプレグラウト PC 鋼材を使用し、品質の向上および施工の効率化を図った。

(2) 下部工

橋脚躯体に高強度材料 (SD 490) を使用して断面をスリム化することで、美観の向上および基礎のコストダウンを図った。下部工全体では普通鉄筋 (SD 345) を使用するよりも経済性で有利であった。下部工の提案概要を以下に示す。

- ①橋脚は RC 構造とした。上部工と分離する P1 橋脚は矩形中実断面としたが、P2～P6 橋脚は地震時慣性力を低減するため矩形中空断面とした。
- ②橋台は、直接基礎 (A1) および深礎基礎 (A2) とした。
- ③橋脚基礎は $\phi 8.0\text{m} \sim \phi 9.0\text{m}$ の大口径深礎とした。

(3) 仮設計画

工事用道路は以下の計画により、地形改変をできる限り小さくすることとした。

- ①工事用道路の主要部分は栈橋構造とした。
- ②既存の道路をできる限り利用し、土工部分を少なくした。
- ③沢部の栈橋は主桁スパンを大きくすることにより、杭を少なくして水辺の自然を保護した。

4-2 詳細設計

本工事の入札は、近畿地方整備局から提示された橋梁の基本要求性能に対して、橋梁の構造および施工法・工期・工費等を技術提案する方式であった。したがって、橋梁の形式、スパン等、全ての仕様は当社の提案に基づくものである。

工事受注後、採用された技術提案書、および発注者より提示された特記仕様書に基づいて詳細設計を実施した。

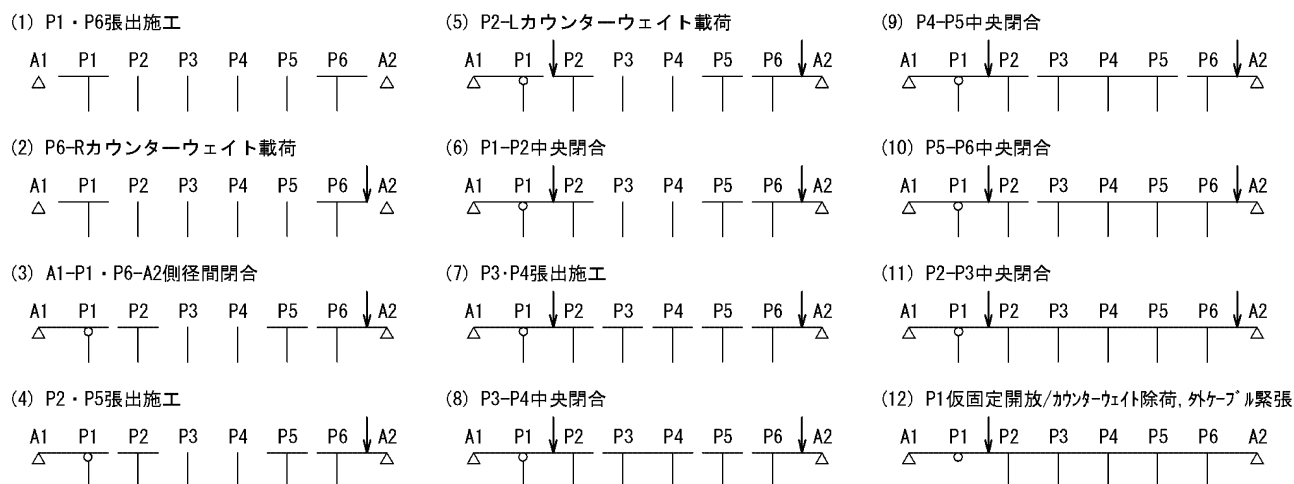
なお、設計責任は全て当社にあり、詳細設計にあたっては、当社より設計技術者および照査技術者を登録し、設計責任の所在を明確にしている。一方、近畿地方整備局では、当社から詳細設計図書一式を受理するに当たり、第三者コンサルタントによるクロスチェックを実施している。その結果を反映し、当社から詳細設計の最終成果品を提出した。

(1) 地盤条件について

本工事の地盤は、表層以深は全て風化花崗岩 (D 級, CL 級, CM 級) であった。土質定数は、発注者が事前に実施した各種土質調査・土質試験結果ならびに既往実績を参考にして発注者と協議を行い、設定した。

(2) 橋梁の設計法について

橋梁を構成する上部工、橋脚ならびに基礎を一体モデルとした骨組構造解析により設計断面力を算出した。また、上部工の施工は、片持ち架設用移動作業車 (以下ワーゲン) による張出し施工であるため、施工ステップ毎に解析モデルを変化させた逐次解析を行い、完成時のみならず、施工時の橋梁構造の安全性も確認している (図-4 参照)。橋梁完成後においては、常時荷重としての橋梁上の活荷重に加え、クリープ、乾燥収縮ならびに温度変化による影響についても検討を行った。



図－4 橋梁の解析モデル

上部工主方向の PC 鋼材は、内外ケーブル併用方式を採用し、張出し架設時ならびに橋梁完成時において最適な PC 鋼材配置を目指した。内ケーブル（上床版および主桁内に配置，図－2 参照）はワーゲンによる張出し架設時の安全性を確保し，外ケーブル（箱形断面の内空部に配置）は橋梁完成後の橋面荷重，活荷重，地震荷重等に対する安全性を確保する構造である。

また，自然環境との調和について，橋梁の形状寸法を設定した後，周辺の環境，景観と調和した形状になっているかをコンピュータグラフィックス（CG）によるフォトモンタージュにより，適宜確認しながら詳細設計を進めた（図－5 参照）。

(3) 上部工・下部工の耐震設計について

兵庫県南部地震以降，橋梁等の構造設計ではレベル 1 ならびにレベル 2 地震動に対する 2 段階の検討が必要となっており，本橋梁においても 2 段階設計を実施した。

また，本橋梁形式が橋脚高 30m を超える高橋脚橋梁であり，多径間のラーメン構造であることから，地震時に橋梁の挙動が複雑となる。そこで，レベル 2 地震動に対しては，静的解析に相当する地震時保有水平耐力法の検討に加え，時刻歴で地震時挙動を追跡可能な動的解析を行った。

動的解析では，RC 橋脚の非線形挙動を武田モデルに

より表現し，兵庫県南部地震クラスの地震にも所定の安全性能を有することを照査した。

なお，高強度鉄筋 SD 490 の使用に当たっては，柱断面面積に対する鉄筋比を適切（0.8%～2.0%）にすることにより，柱の破壊モードをコントロールした。

また，高強度鉄筋 SD 490 の伸び（破断ひずみ）が小さいことを考慮して，終局曲げ耐力算定時の鉄筋のひずみが適切な範囲内（4% 程度）であることを動的解析の結果により確認した。

(4) 基礎構造の設計について

A 1 橋台基礎は露岩していたため直接基礎とし，A 2 橋台基礎，各橋脚基礎は深礎基礎とした。橋脚基礎は，直径 $\phi 8.0\text{m}$ ～ $\phi 9.0\text{m}$ の大口径深礎であり，レベル 2 地震時にも基礎は降伏しない構造として設計した。これは，基礎の損傷状況が調査困難であること，ならびに地震後の橋梁の補修を橋脚基部等，補修が比較的容易な箇所に限定するためである。また現場地形は急峻なことから，各基礎の設計にあたっては，橋軸方向および橋軸直角方向の地盤傾斜を考慮する必要があった。これらを日本道路公団設計要領第二集に示される設計手法に準拠して評価し，基礎の安定性を確保した。



図－5 CG によるフォトモンタージュ

§ 5. 上部工の緊張管理と上げ越し管理

5-1 緊張管理

上部工で使用した PC 鋼材の種類と定着工法を表-1に示す。

表-1 PC 鋼材の種類と定着工法

使用箇所	PC 鋼材の種類	定着方法
内ケーブル	12S12.7 (SWPR7BL)	SEEE-FUT 工法
床版 横締めケーブル	1S28.6 (SWPR19L) プレグラウトタイプ	プレグラウト PC 鋼材 を使用した SM 工法
横桁 横締めケーブル	1S28.6 (SWPR19L) プレグラウトタイプ	プレグラウト PC 鋼材 を使用した SM 工法
外ケーブル	19S (SWPW7BL)	SEEE-FUT 工法

内ケーブルは「摩擦係数 μ をパラメータとして管理する手法」、横締めケーブルおよび外ケーブルは「荷重計の示度と伸びを独立して管理する手法」により、緊張管理を行った。

ケーブル 1 本毎の管理では、緊張計算により、摩擦係数、ヤング係数、セット量等により求めた管理限界線と引き止め線を記入した緊張管理グラフを作成した。このグラフ上に、実際の荷重計の読みと PC 鋼材の伸び量をプロットし、この点を結んだ線が直線であること、およびその線が管理限界内にあることを確認し、引き止め線との交点を求めて最終緊張力を決定した。

主ケーブル、横締めケーブルは、10 本以上のデータが得られた時点を 1 グループとし、 2σ 法により管理限界を設定して、摩擦係数 μ のグループ管理を行った。



写真-1 張出し施工状況

5-2 上げ越し管理

片持ち架設には、一般型 2 主桁ワーゲン (2000kN・m) を使用した (写真-1 参照)。

上部工張出し施工時は 1 ブロック進行する毎に荷重条件が変化するため、完成時までのレベル変化量 (たわみ量) を計算し、その変化量を見越して、各施工ブロックのレベルを上げ越しする。

レベル変化の要因には、以下の事項があげられる。

- ①施工したコンクリート桁自重による変形
- ②ワーゲンの自重による変形
- ③プレストレスによる変形
- ④温度変化による桁の変形
- ⑤桁による橋脚の変形 (首振り)
- ⑥ワーゲン撤去による桁の変形
- ⑦中央閉合吊り支保工施工による桁の変形
- ⑧側径間吊り支保工施工による桁の変形
- ⑨橋面工による桁の変形
- ⑩クリープ・乾燥収縮による桁の変形

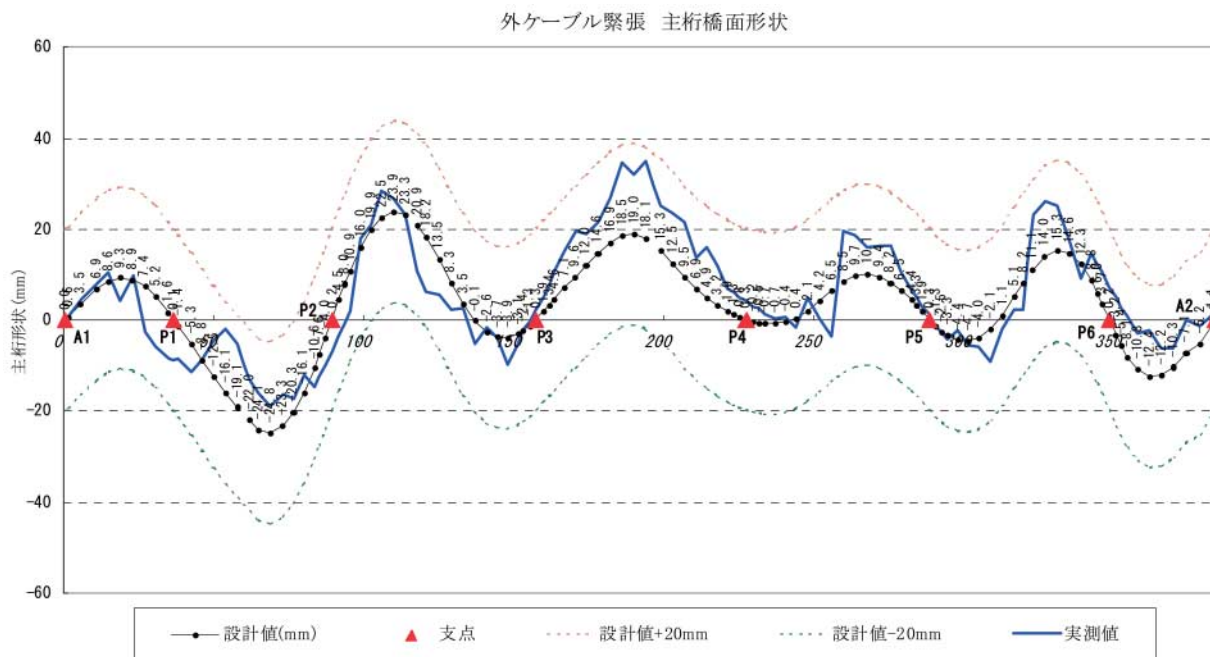


図-6 外ケーブル緊張完了後（橋体完成時）の上げ越し実績

⑪支承部反力調整による桁の変形（仮固定開放）

本工事では、総上げ越し量（設計） $\pm 20\text{mm}$ を規格値として上げ越しを管理した。

上記の要因を計算して求められた各施工箇所における総上げ越し量、および外ケーブル緊張完了後の出来形を図-6に示す。

規格値の管理範囲内で上部工橋体は連結し、管理実績は良好であった。

§ 6. まとめ

6-1 自然環境への配慮

工事用道路の施工中に P1 橋脚施工箇所付近で貴重植物が発見された。この貴重種の生息環境を保護するため作業土工では、地形改変を抑制する切土工法として、掘削面をロックボルトで山留めし、直切りで地山を掘削する工法を採用した。また、工事完成後に残る橋脚法面の保護工を、法枠を使用しない連続繊維複合補強土工法で施工し、復旧埋め戻し部は当社開発の「根をリサイクル工法」で法面保護工を行って、自然景観の保全に努めた。

6-2 リスク対応

本工事が発注された平成 13 年度には、DB 方式契約工事の運用方法には詳細な規定はなく、本工事でも試行工事であった。DB 方式契約では、官積算（予備設計）と技術提案・詳細設計とが一致していないため、設計当初より容易に想定されるリスクは施工者が負担せざるを得ない。ただし、工事進捗中に発生した新たな状況変化に

対し、発注者と施工者でどのようにリスクを分担して負担するかは課題となった。

本工事においても、詳細設計により設計図書の変更が生じたが、請負金額の変更はない。ただし、施工途中で発生した以下の項目は、設計変更の対象となった。

- ①第三者協議等により条件変更があった場合
- ②契約図書（特記仕様書）に明記された事項に関する変更
- ③発注者からの、変更対象の指示事項

6-3 おわりに

大津信楽線 24 号橋建設工事は、自然公園内であったため工事用地が狭隘であり、かつ急峻な斜面で施工する難工事であったが、平成 13 年 11 月から詳細設計に着手以来、平成 17 年 2 月に無事竣工した。

本工事は、DB 方式による契約であったため、出来高算定や設計変更については手探り状態であったが、一方、設計段階で、施工条件を十分考慮した設計を行うことができた。設計・施工間のきめ細かい打合せ・協力により、現場条件を設計に十分反映した上で、自然環境との調和を図り、さらに当社の社是である「より良く、より安く、より早く」を実現できた。今後、多様化する入札・契約方式に対応していくに当たって、本工事の実績が少しでも参考になれば幸いである。

おわりに、本工事の設計・施工にあたり、詳細設計の着手から工事の完成に至るまで、国土交通省近畿地方整備局大戸川ダム工事事務所様をはじめ、関係各位の皆様には多大なるご指導、ご協力を頂きましたことを心より感謝し、厚くお礼申し上げます。



写真-2 全景（平成 17 年 1 月撮影）