

垂井高架橋の損傷に関する調査

建設マネジメントの観点からの分析

平成 20 年 3 月 30 日

土木学会コンクリート委員会

垂井高架橋の損傷に関する調査特別委員会 システム分科会

目 次

1. はじめに	1
2. システム分科会	1
3. 調査分析概要	2
4. 発生問題の経緯と内容	
4.1 発生問題の経緯	4
4.2 施工システム上の問題の要因分析	
4.2.1 問題分析と対応策策定フロー	5
4.2.2 要因分析の着眼点	6
4.2.3 要因分析に必要な確認事項	8
4.2.4 直接的要因	9
5. 実態調査	
5.1 ヒアリング調査	10
5.2 構造物の実形状調査	14
5.3 構造物の実形状計測結果	16
5.4 構造物の実測形状に関する分析	18
6. 要因調査・分析	21
6.1 施行計画書の分析	22
6.2 キャンバ確保のための上げ越し測量	28
6.3 指定仮設としての発注者側の仮設計画	28
6.4 技術提案としての受注者側の仮設計画	29
6.5 受注者側の施工管理体制	29
6.6 発注者側の施工管理体制	31
6.7 設計者の管理体制	32
7. 契約的側面からの分析	33
8. まとめ	35

参考資料

垂井高架橋の損傷に関する調査 建設マネジメントの観点からの分析

1. はじめに

垂井高架橋は和歌山県橋本市に建設された国土交通省近畿地方整備局の直轄工事である。同工事は平成14年4月に完成し、約1年半が経過した時点で、上部工に多数のひび割れが発生していることが明らかになった。詳細調査の結果、ひび割れに加え、設計要求の形状とは異なり上部工中央部がたわんだ状態になっていることも判明した。

土木学会は、この問題に関する調査を国土交通省近畿地方整備局から依頼を受け、コンクリート委員会に原因究明、耐久性能分析及び補修方法の策定等を行う「垂井高架橋損傷対策特別委員会」を平成17年5月に設定した。

同委員会は、原因究明分科会、健全性評価分科会、補強分科会の3分科会を設け、調査・分析を行い、平成17年9月に中間報告書をまとめた。平成18年度に入り、同委員会は今後の方針を踏まえ組織再編を行い、補修補強分科会、維持管理分科会とシステム分科会を設置した。システム分科会は垂井高架橋で発生した箱桁ラーメン橋のひび割れと形状変形問題を、施工管理、スケジュール管理、コスト管理、品質管理、そして契約管理といった建設マネジメントの観点から調査分析を行うこととなった。

本報告書は、発注者の立場でもなければ、受注者の立場でもない、独立した専門技術者集団としての立場で、主として施工システムの観点から問題分析と問題解決に関する所見を述べたものである。

2. システム分科会

2.1 システム分科会の役割

システム分科会では発生した事象に対し、施工管理、品質管理、スケジュール管理および契約管理の面から調査・分析を行なうこととした。特に、発注者および受注者双方のプロジェクト管理実態を綿密に調査し、発生した事象における施工システム上の問題点を明らかにすることを目的とした。

2.2 システム分科会構成メンバー

システム分科会は以下のメンバーで構成する。

2.2.1 垂井高架橋の損傷に関する調査特別委員会 委員

- 1) 主査 草柳 俊二 高知工科大学 社会システム工学科
- 2) 委員 前川 宏一 東京大学 大学院
- 3) 委員 春日 昭夫 三井住友建設(株)
- 4) 委員 松岡 康訓 大成建設(株)
- 5) 委員 横田 弘 (独) 港湾空港技術研究所
- 6) 委員 阪田 憲次 岡山大学

2.2.2 調査・分析、記録整理スタッフ

- 7) 五艘 隆志 高知工科大学 社会マネジメント研究所 研究助手
- 8) 吉良 有可 高知工科大学 社会システム工学科 研究助手

3. 調査分析概要

3.1 プロジェクト概要

3.1.1 原契約

- ・工 事 名 : 橋本道路垂井高架橋上部工事
- ・工 事 場 所 : 和歌山県橋本市隅田町垂井地先
- ・契約年月日 : 平成 13 年 1 月 29 日
- ・工 期 : 平成 13 年 1 月 30 日～平成 14 年 2 月 28 日
- ・請負代金額 : ￥570,675,000-
- ・請 負 企 業 : 日本高圧コンクリート (株) PC 事業部大阪支社
- ・建設構造物 : PRC(Prestressed Reinforced Concrete)
7 径間連続ラーメン箱桁橋. 全橋長 297m

3.1.2 変更契約

- ・契約書第 24 条に基づき原契約の一部変更
- ・契約年月日 : 平成 14 年 4 月 9 日
- ・工 期 : 平成 13 年 1 月 30 日～平成 14 年 4 月 24 日
- ・請負代金増額 : ￥8,925,000-

3.2 設計概要

- 業 務 名 : 橋本道路垂井高架橋詳細設計業務
- 契約年月日 : 平成 10 年 7 月 24 日
- 履 行 期 間 : 平成 10 年 7 月 25 日～平成 11 年 3 月 20 日
- 業務委託料 : ￥56,122,500-
- 請 負 企 業 : (株)日本構造橋梁研究所 大阪支社

3.3 契約内容

3.3.1 契約約款

- ・基本契約約款：公共工事標準請負契約約款
- ・使用契約約款：建設省 直轄工事約款 最終改正平成 16 年 3 月 1 日国地契第 79 号

3.3.2 契約形態：総価一式請負契約

3.3.3 仕様書

- ・基本仕様書
 - 1) 土木工事共通仕様書（案）平成 12 年 4 月
 - 2) 土木構造物標準設計（建設省）
 - 3) 土木工事標準設計図集（近畿地方整備局）
- ・特記仕様書：添付資料参照
- ・特記事項：仮設支保工（固定）の使用を義務つけている（指定仮設）

3.4 検討・分析図書及び参考図書

- 1) 橋本道路垂井高架橋上部工事 工事請負契約書 平成 13 年 1 月 29 日
設計図面集
工事数量総括表
特記仕様書
- 2) 橋本道路垂井高架橋上部工事 変更契約書 平成 14 年 4 月 9 日
設計図面集(変更)
工事数量総括表（変更）
特記仕様書（変更）
- 3) 現場説明書 平成 13 年 1 月 17 日
- 4) 国土交通省 土木工事共通仕様書 平成 12 年 4 月および平成 17 年 3 月
- 5) 橋本道路垂井高架橋上部工事 技術資料作成要綱
- 6) 現場技術業務の委託契約及び現場技術員の通知について
平成 13 年 1 月 29 日
- 7) 橋本道路垂井高架橋上部工事の変更工期の決定について（通知）
平成 14 年 2 月 27 日
- 8) 橋本道路垂井高架橋上部工事の一部一時中止について（通知）
平成 13 年 5 月 2 日
- 9) 橋本道路垂井高架橋上部工事の再開等について（協議）平成 13 年 6 月 29 日
- 10) 請負代金構成書
 - 11) 施工計画書：提出期日：平成 13 年 2 月 7 日（契約日から 9 日目に提出）
 - 12) 鋼製支保工設計計算書（国土交通省）

- 1 3) 「回答資料集」平成 17 年 6 月に受注者が提出
- 1 4) 構造物実形状測量報告書
- 1 5) ヒアリングによる事実確認記録
- 1 6) 質問状による事実確認記録
- 1 7) 電子メールによる事実確認記録

4. 発生問題の経緯と内容

4.1 発生問題の経緯

橋本道路垂井高架橋上部工事は国土交通省近畿地方整備局が発注したプロジェクトであり、全橋長 297m、7 径間の連続 PRC 箱桁ラーメン橋である。設計業務は橋本道路垂井高架橋詳細設計業務として(株)日本構造橋梁研究所に発注されている。

本橋梁は橋脚と桁が一体化したラーメン構造物であるが、橋脚と桁を分離し、異なった受注者に施工させている。こういった執行方式（契約方式）は我が国では珍しくないが、品質管理責任の明確化といった面で、橋脚と主桁が一体となった構造物を異なった受注者に施工させることは国際建設市場ではほとんどみられない形態である。

上部工工事は平成 13 年 1 月 29 日の契約成立と共に着工が成され、平成 14 年 4 月 24 日に竣工した。尚、工事期間中、平成 13 年 5 月 7 日より同年 6 月 30 日まで地元住民より電波障害対策実施要求があり、工事の一部一時中止を行っている。構造物の引渡しは平成 14 年 5 月 7 日であり、引渡し後、約 1 年半が経過した平成 15 年 10 月頃に、上部工に多数のひび割れが発生していることが判明した。

4.2 施工システム上の問題の要因分析

4.2.1 問題分析と対応策策定フロー

問題の分析、原因究明、対応策の策定までの手順を以下のように定めた。



図-1 問題分析と対応策策定フロー

4.2.2 要因分析の着眼点

図-1 に示したようにシステム分科会が扱う技術的問題分析としては、以下の3点が挙げられる。これら3点の分析を基に類似問題の発生防止策を見出してゆく。

- 1) 施工面からみたひび割れ発生の可能性
- 2) 施工面からみたタワミ発生の可能性
- 3) 施工管理・品質管理の妥当性検証

1) 施工面からみたひび割れ、発生の可能性について

ひび割れ発生要因に関して平成17年9月にまとめられた垂井高架橋損傷対策特別委員会の中間報告書（以下、中間報告書という）では以下のように述べられている。

“コンクリートの収縮変形が拘束されてひび割れが生じたとの仮説を立て、その検証を行うこととした。仮説の検証にあたっては、乾燥収縮、自己収縮、クリープ、水和熱の冷却による収縮といった要因がそれぞれどの程度の大きさで影響したかについて解析的に検討した。また、その他の変状の要因と考えられたもののうち「プレストレス量」、「クリープ」等が現状の損傷とどう関連しているかについても解析的にその影響を検討した。”（中間報告書 p.7）

以上のように原因究明分科会等によって詳細な分析が行われている。従って、システム分科会においては、養生不足といった初歩的なひび割れ発生に関する検討は不要と判断する。一方、

“実際に使用したコンクリートの配合記録は工事請負企業にも無いため確認できなかった”（中間報告書 p.8）

と記されている点を見るとコンクリートの品質管理体制が充分であったかは疑問となるところである。つまり、打設時に注水等が行われ、設計値の水セメント比が守られなかったといった原因も考えなければならないが、当該構造物の場合、ひび割れが構造物全体に及んでいることを考えると、こういった理由によるひび割れの発生の可能性は少ないと考えてよいと思う。

2) コンクリート材料の品質(骨材・セメント・混和材)について

コンクリート材料の品質、特に粗骨材について中間報告書では“同一の原石山

から採取した骨材を用いた材料試験により、コンクリートの収縮量を測定した”（中間報告書 p.7）とし、3.2.1.（1）a 項で以下のような問題点が述べられている。

“市販骨材を用いたもの（1週で -175×10^{-6} 、4週で -321×10^{-6} 、8週で -368×10^{-6} ）に比べ、同一の単位水量でも、自己収縮、乾燥収縮がいずれの時点でも2倍程度の値（1週で -374×10^{-6} 、4週で -684×10^{-6} 、8週で -805×10^{-6} ）になっていてかなり大きい。この値は通常の JIS 規格骨材を用いた場合の予測値をはるかに超えるものである。この結果より、粗骨材にコンクリートの自己収縮、乾燥収縮を大きくする特性があったと推定される”（中間報告書 p.9）。

この項の記述によれば粗骨材の品質がひび割れと密接な関係があることが伺える。

3) 施工面からみたタワミ発生の可能性

橋脚 No. 6 と橋台 No. A2（和歌山側）間の桁以外、全ての桁にタワミが発生している。プレストレスを導入したコンクリート桁において、タワミが発生しているのは極めて異常な状況である。中間報告書ではこの原因の一つにコンクリートの収縮を挙げるとともに（中間報告書 P9, P11）、同時に施工上の要因として以下のように述べている。

“先に施工された下床版のタワミと後に施工された高欄のタワミが異なるなど、変状が施工時点で生じていた可能性を示す状況も見られた。その原因としては、施工段階で適切な上げ越し量が設定されていなかったこと、コンクリート打設段階で型枠沈下の管理が不十分であったこと、などが考えられる。また、背の高い鋼製支保工を用いていたため、昼夜の温度差と既設コンクリート柱との相対変位の発生が、鉛直方向あるいは斜めのひび割れを発生させた可能性もあるが、施工中のタワミが計測または記録されていないため、影響の有無が確認できなかった”（中間報告書 p.12）

中間報告書の記述は、タワミの発生要因として施工時点での管理不足の可能性を指摘したものであり、システム分科会として、その可能性の有無を明らかにしてゆく必要がある。要因分析において、下床版と高欄のタワミの違いの発生が施工時点での管理不足によるものか否かを着眼点として、調査・分析を行う。

4.2.3 要因分析に必要な確認事項

システム分科会としては、タワミの発生量に関しては以下の項目を一つ一つ確認することとした。

- 1) 施工計画書は、発注者と受注者の相互が信頼性を維持しながら“経過の管理”を行ってゆくために不可欠なものとなる。当該プロジェクトにおける施工計画はどのような精度で組み立てられたかを検証するために、施工計画書の内容を分析する。同時に、実質的な施工管理体制がどの様に担保されていたのかを確認する。
- 2) 通常、橋梁のコンクリート打設に際しては、その都度、設計で要求される上げ越し量を確保するために詳細な上げ越し測量が行われる。これは打設コンクリートの“天端(てんば)”を決めるためにも必須な管理作業となる。こういった管理作業が行われたかを確認する。
- 3) 桁の施工に用いられた鋼製支保工は指定仮設（発注者が指定した仮設工法）であった。指定仮設である以上、原則的に施工方法に関する実施および管理仕様が決められていなければならない。発注者はどの仕様書を受注者に提示したのかを確認する。
- 4) 指定仮設であった鋼製支保工は、契約成立後、受注者側からの技術提案に基づき施工方法の変更が成されている。この時点で受注者側から、いかなる仮設計画書、設計書および工程表が提出されたか、その内容を確認する。同時に、これらの図書の契約的位置づけを明らかにする。
- 5) 受注者は自身が提示した施工計画・管理計画に従い、しっかりとした施工管理体制を取り、実施したかを確認する。特に基礎地盤の形成、耐力試験、沈下計測等の計画が十分であったか、実質的管理がどの様に行われていたかを確認する。

実質的にどのような施工管理が行われていたのかを検証するため、完成物の実形状を正確に把握する測量調査を実施する。

4.2.4 直接的要因

上部工のタワミが発生した要因を整理すると図-2のような分析フローが描ける。「5. コンクリートの過度の変形」のフローの網掛け部分は他の分科会等によって明らかにされている。一方、「4. 緊張応力導入不足の可能性」のフローは、これまでの調査結果を見る限り、問題発生要因に繋がらないと考えてよいと思われる。

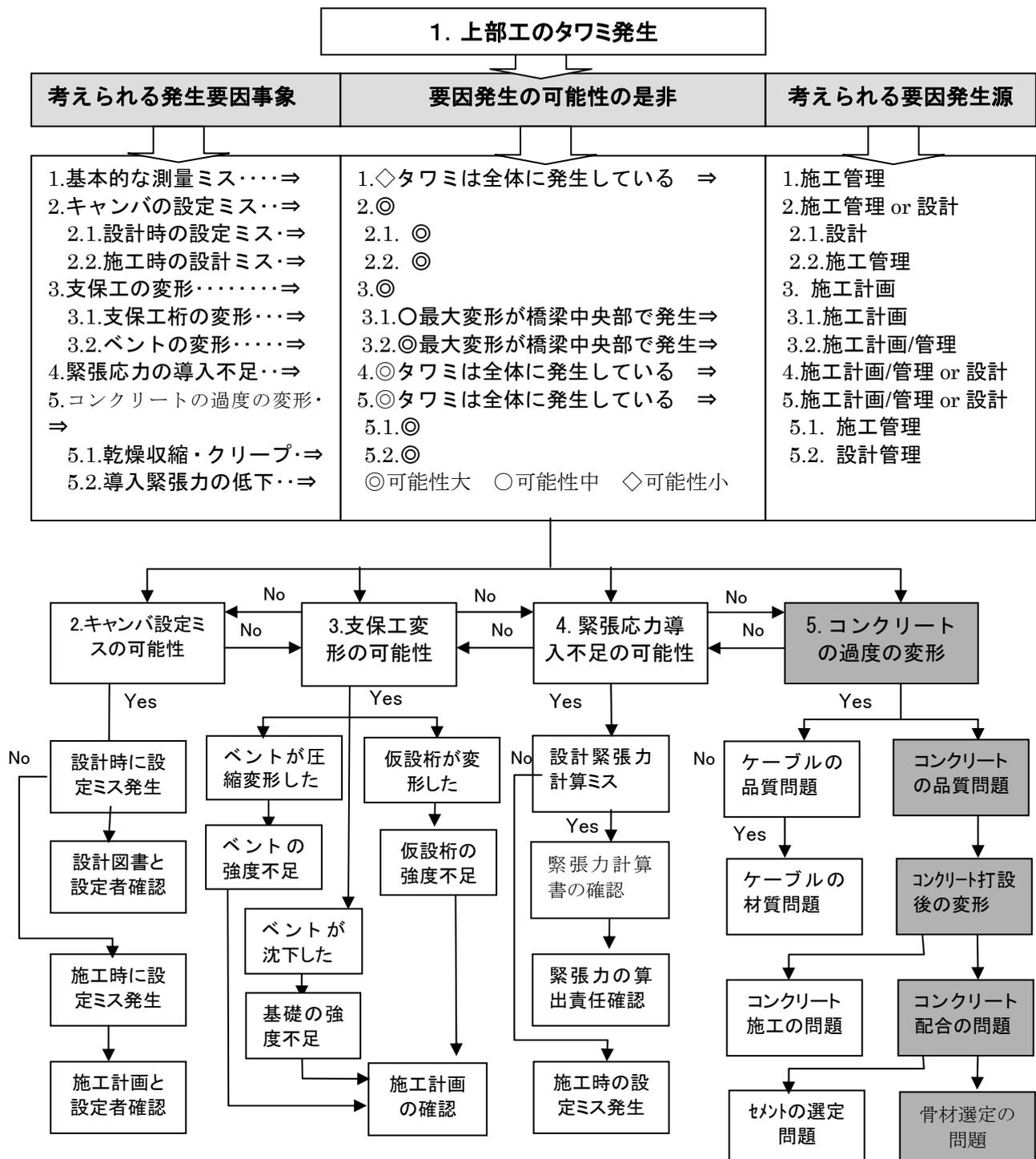


図-2 発生原因の分析のフロー

5. 実態調査

5.1 ヒアリング調査

当該プロジェクトで明らかになったような構造物としての不適合（Non-conformity）の発生といった問題に対しては、以下の3つの状況を考える必要がある。

- 1) 不適合は、ある目的をもって意図的に行なわれたものか
- 2) 不適合は当該作業に携わった者の過失によるものか
- 3) 不適合は管理体制の不備・不足によるものか

今回発生した、異常なひび割れおよびタワミの発生という問題は、どれに属するものかを分析するために、以下に示すような当該工事の関係者に対しヒアリング調査を行なった。

- ① 設計者側（設計コンサルタント）：管理技術者1名および設計主担当者1名
（2006年11月2日 近畿地方整備局 橋本監督官詰所）
- ② 施工者側の技術者：現場代理人1名および現場担当者1名
（2006年11月2日 日本高圧コンクリート垂井高架橋作業所）
- ③ 発注者側の監督員：建設監督官1名および現場技術員1名
（2006年11月16日 高知工科大学）
- ④ その他、電子メール等による実態確認（適宜：添付資料参照）

上記関係者には、ヒアリング調査後に問題発生に対する意見や管理状況についてのアンケートを依頼し、書面での回答を求めた。上記の3回のヒアリング調査の他に、必要に応じて電子メール等を用いて個別確認も実施した。ヒアリング調査の結果と、5.2.項で述べる橋梁上部工の実形状調査結果の分析によって、施工に関わるシステム上の問題点を明らかにすることとした。以下、ヒアリング調査により明らかとなった事項を整理する。尚、ヒアリング調査の詳細議事録やアンケート回答等は報告書末尾の参考資料に添付している。

1) PRC 構造に関する認識

垂井高架橋で採用されたPRC構造の技術的知識と施工方法に関して設計者、受注者、そして発注者がどの様に認識しているかを確認するため、3者に“PRC構造の橋梁建設には特殊な技術が必要であると考えていたか”という質問を行った。この質問に対する設計者、受注者、発注者の回答結果は表-1に示すようなものであった。

表-1 PRC 構造に関する認識についてのヒアリングおよびアンケート回答要旨

	回答要旨
設計者 管理技術 者の回答	<ul style="list-style-type: none"> ● PRC 工法は特殊橋梁には入らない。高度な施工技術を要する構造であるという認識は無かった。特殊橋梁とは吊橋・斜長橋などであると考える。 ● 設計業務の入札段階では「PRC 構造で設計する」ことは明示されておらず、「コスト縮減方策」として設計者から提案し承認された。 ● 一般の PC 構造に比べ煩雑な設計であり、設計上は特殊な構造である。
施工者	<ul style="list-style-type: none"> ● 特殊なものであるという認識はなかった。通常連続箱桁を分割施工する程度の考えであった。(現場代理人) ● 「PC と RC の中間的性質の構造である」、「プレストレスの低減分を鉄筋量で補う」、「スパン中央でひび割れを許容する」程度の知識はあった。しかし支保工による分割施工が PRC ラーメン構造に与える影響を想像するには至らず、通常箱桁橋の施工方法で施工するしかなかった。(現場担当者)
発注者 建設監督 官の回答	<ul style="list-style-type: none"> ● 初めての経験で興味は持っていた。PC、RC の合体構造という単純な構造ではないという認識はあった。一方、監督職員としては、特別な管理対策は講じていなかったと記憶する。受注者が施工方法等を検討し、施工計画書を作成し、施工するものと考えている。

この回答をみると PRC 構造の橋梁建設に対する 3 者の認識と対応は下記のようなものであったといえる。

設計者：構造の複雑さを認識して設計計算を実施したが、高度な施工技術を要する特殊橋梁とは考えていない。

施工者：現場担当者は構造の複雑さはある程度認識していた。現場代理人は高度な施工管理が求められるものとは考えていなかった。通常連続箱桁橋の分割施工と同様の施工を行うという認識だった。

発注者：構造の複雑さは認識しているが、施工は受注者の責任で行われるものであり、監督職員としての特別な管理対策は特に講じていない。

結果的にみると、設計者、受注者、発注者の 3 者は共に、多径間連続の PRC ラーメン構造を固定支保工にて分割施工する橋梁建設に対するリスク意識は高いものではなく、特殊な技術や施工管理体制が必要であるとは考えていなかったことがわかる。

2) 設計性能担保に関する情報伝達

垂井高架橋は PRC 構造の橋梁であると共に、7 径間連続のラーメン構造であり、不静定次数も高く、十分な施工時応力に対する管理が必要とされる構造物であるといつてよい。こういった構造物の建設には、設計者と施工者が一体となって設計性能を担保することが必要となる。設計者、受注者、発注者に対し、施工の進行と共に発生する各種応力、変位、上げ越し量等の計算や計測値についての認識と情報伝達をどのように考えていたかについて質問を行った。表-2 は、これらの質問に対す回答である。

表-2 3 者間の情報伝達についてのヒアリングおよびアンケート回答要旨

	回答要旨
設計者 管理技術 者の回答	<ul style="list-style-type: none"> ● 経済設計の概念で、可能な限りスリムな構造となるよう設計を行った。この面での目的は達成されたと考えている。 ● 施工中および完成後の断面力・変形量および応力度計算を設計計算書に記載し、発注者に提出している。 ● 設計者の成果は設計報告書であり、設計報告書を提出した時点で契約義務を全うすることになると考えている。 ● 施工者に対し断面力・変形量、応力度計算結果を直接伝達することは行っていない。施工者へ設計内容を直接伝えるといったことは発注者から要請もなく、特記仕様書にもそのような記述はなかった。 ● 現場の実発生値と計算値との不整合についての確認は行っていない。
施工者	<ul style="list-style-type: none"> ● 契約時に発注者から提示された設計図書は設計図と数量総括表だけであった。施工中および完成後の断面力・変形量および応力度計算が示されている設計計算書の存在は知らされていなかった。 ● 施工中に発生する各種応力及び変位を記載した設計計算書は、契約後、発注者より借用する形式を取った。(以上、現場代理人) ● 発注者から示された図面は一般図及び参考図的な線形図であったため、上げ越し量等の計算は発注者から受け取った設計計算書を基に線形計算を実施し、施工した。(以上、現場担当者)
発注者 建設監督 官の回答	<ul style="list-style-type: none"> ● 施工中に発生する各種応力及び変位を記載した資料は設計業務の監督官(調査職員)、および設計者から提示されなかった。 ● タワミ等の管理については業者の責任であり、我々の管理範囲外と考えている。

回答をみると3者間の情報伝達状況は下図のような構造であったと考えられる。

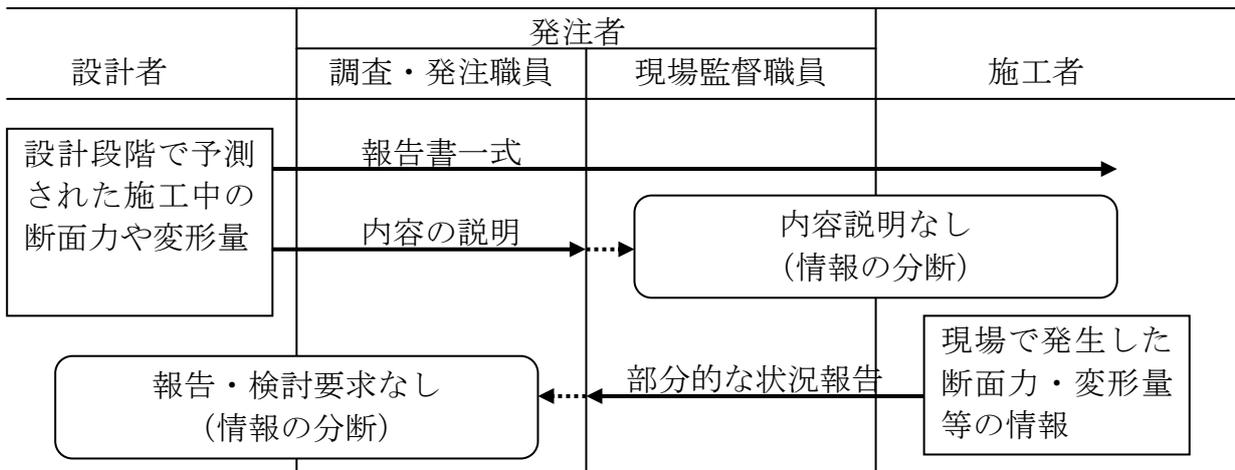


図-3 3者間の情報伝達状況の概要

ヒアリングの分析結果をみると、設計段階で予測された施工中の断面力や変形量等の情報は施工者まで直接伝達されていない。逆に現場の状況は設計者に達していないシステム構造となっている。また発注者は、タワミ等の実質的な施工管理は施工者の責任であるとして、施工計画・管理の情報提示を求める姿勢が希薄である。結果的にみると、施工上の問題は全て施工者に任せられた状況であり、設計者、施工者そして発注者が一体となって設計性能を担保するプロジェクト遂行構造とはなっていない。

3) プロジェクト遂行体制からみた問題発生メカニズム

問題の発生原因として、5.1.項の1)「PRC 構造に関する認識」で述べられたように、設計者、発注者、受注者の3者が共に、当該構造物を作るために高度な施工管理技術が必要という意識が希薄であったことを挙げることが出来る。上述のヒアリング結果を統括すると、3者の考え方は概ね下記のようなものであったといえる。

設計者：PRC は特殊構造ではない。経済設計の概念で設計業務は全うした。実際に造るのは施工者の責任。

施工者：施工の遂行に設計に関連した知識を要求されるとは思っていない。PC の施工管理体制で PRC を施工すればよいと考えていた。

発注者：施工は受注者の責任。受注者は信義に従い誠実に施工する義務がある。

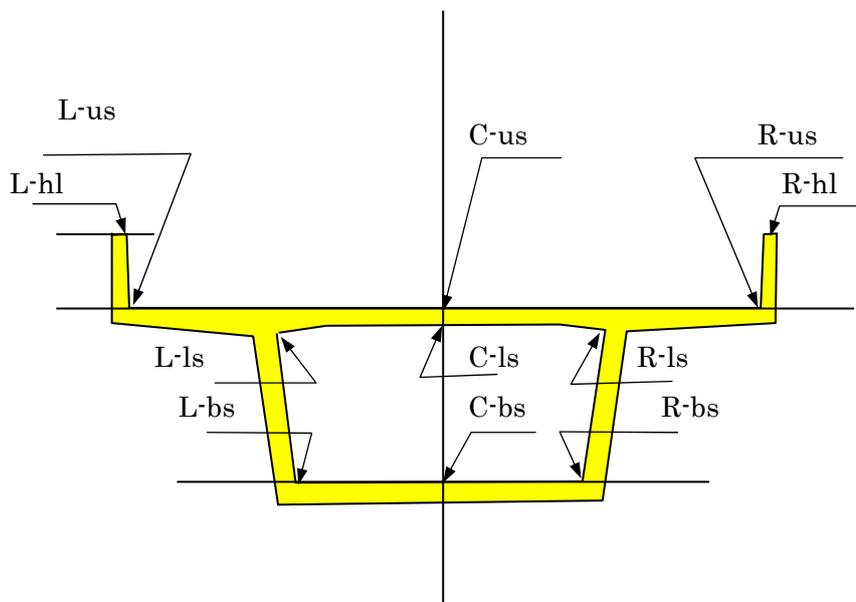
総合的に問題を見つめ対応する業務は、全て受注者の現場担当技術者に集中する構造となっている。設計者、施工者、発注者が持つ技術力を統合した品質管理体制が整っておらず、こういった管理体制が問題発生の背景にあると判断される。

5.2 構造物の実形状調査

実質的にどのような施工管理が行われていたのかを検証するために、完成構造物の実形状を正確に把握することとし、出来形計測を実施した。

計測期間：2006年9月19日～9月29日

計測箇所：下図のとおり



- ◆ 一断面 11 計測点とし、計測断面は桁軸方向に 1m ピッチとした。
- ◆ 計測は正確と透明性確保のため発注者が第 3 者機関に依頼した。

図-4 垂井高架橋工事出来形計測

1) 構造物のコンクリート打設とタワミ管理

桁のコンクリート打設は、図-5 に示すように、第 1 次コンクリートの下床版+側壁、第 2 次コンクリートの上床版、そして第 3 次コンクリートの高欄の順で、3 段階に分けて行われている。桁関連のコンクリート打設は、高欄コンクリートも含め、平成 13 年 8 月に開始され、平成 14 年 4 月に終了している。

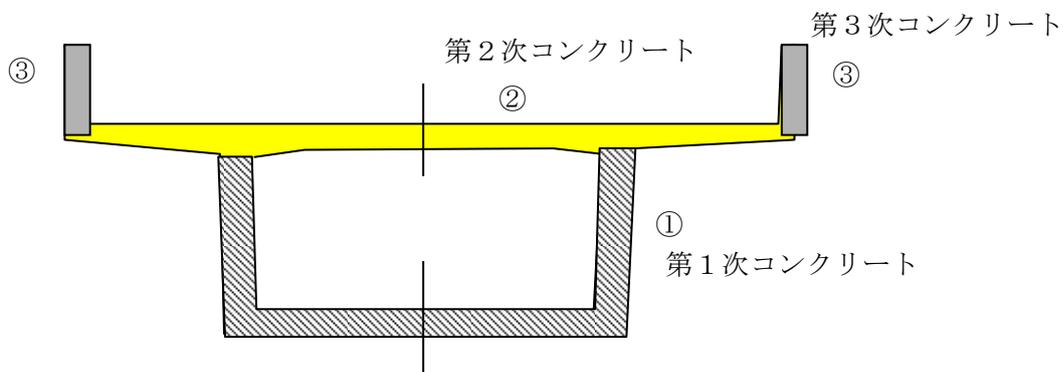


図-5 コンクリート打設順序

各スパンにおいて、第1次コンクリートの下床版+側壁と、第2次コンクリートの上床版の打設の間隔は20日前後となっている。また、第1次コンクリートの下床版+側壁と第2次コンクリートの上床版が打設された後、先ず、橋軸直角方向の上床版プレストレスの導入が行われ、次いで橋軸方向の側壁プレストレスが導入される施工手順となっており、構造物はプレストレスの導入が終了するまで支保工によって支持された状態になっている。高欄コンクリートの打設はプレストレスの導入後に行われている。

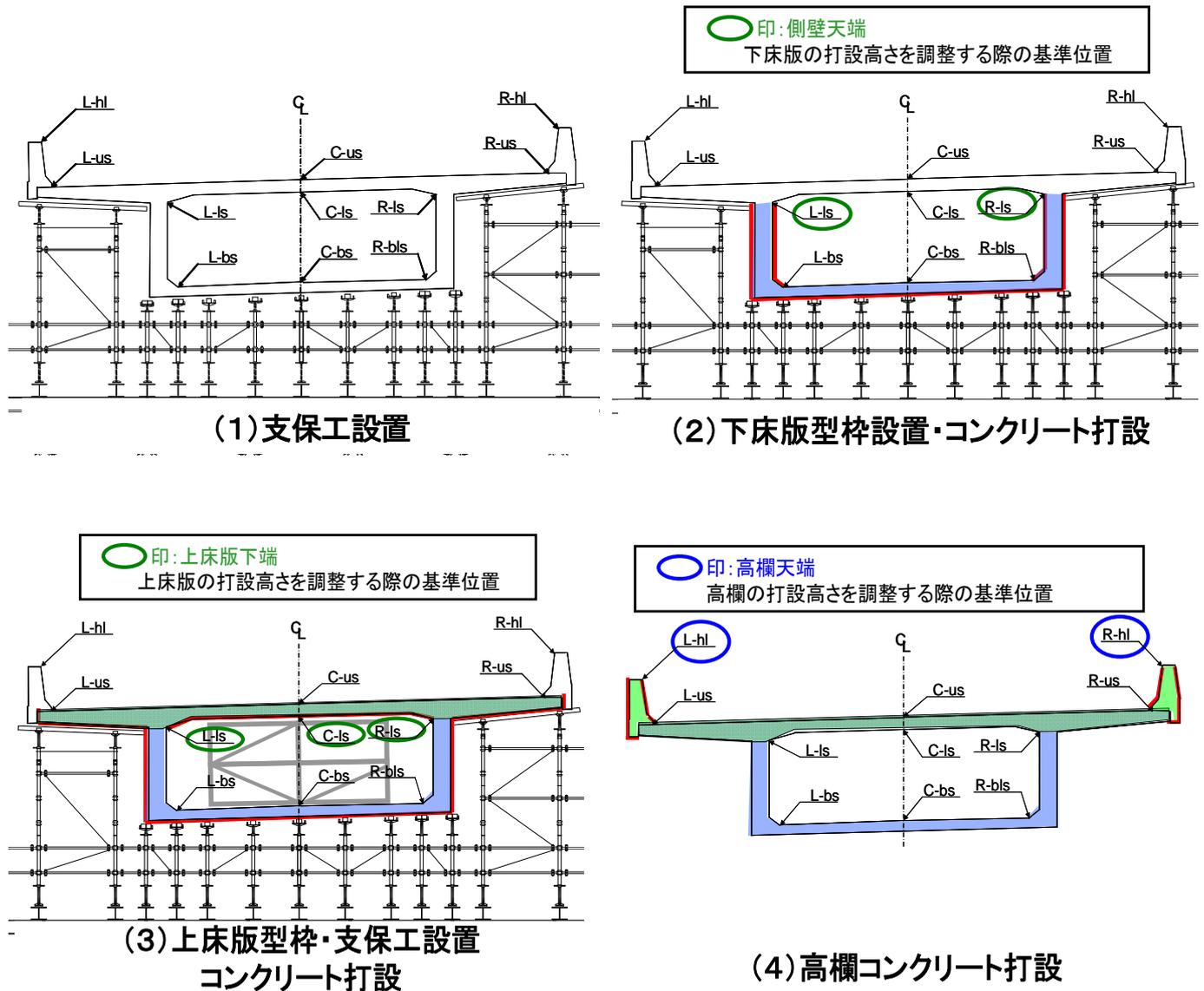


図-6 施工順序とコンクリート打設高設定の基準位置

コンクリート打設によって発生するタワミに関する対処方法については、平成17年6月に受注者から発注者に提出された「回答資料集」の内容を分析すると、以下のようなになる。

- ① 各スパン共に第1次コンクリートの下床版+側壁と第2次コンクリートの上床版の打設によって発生するタワミ量を算出した。
- ② 第1次コンクリートの下床版+側壁の打設によって発生するタワミ量と第2次コンクリートの上床版の打設によって発生するタワミ量を加算し、これに対処するための上げ越し量（キャンバ設定量）を定めた。
- ③ キャンバ設定は、先ず、第1次コンクリートの下床版+側壁打設前の、下床版と側壁の型枠組み立て時に行った。
- ④ 第2次コンクリートの上床版の打設時のキャンバ設定は、上床版の型枠組み立て時に行った。

5.3 構造物の実形状計測結果

図-4に示す計測点の計測結果は、橋梁各部の三次元座標データとして整理されている。以下、計測データから必要な情報を整理して実形状の把握と分析を行う。（詳細データについては本報告書の参考資料を参照）。

図-7(1)、図-7(2)、図-7(3)は橋梁各部における鉛直座標の設計値と実測値との差を示したものである。橋梁中心部における橋軸方向勾配は1/122であるが、図-7(1)、図-7(2)、図-7(3)においては一点鎖線を用い床板の設計高を便宜上水平に表示した。実線は各計測箇所の実測値と設計値と床板の設計高との差をプロットしたものであり、図-7(1)、図-7(2)、図-7(3)の色別の折線グラフは、完成から約4年半後における床板の設計高からの出来形誤差を表現したものとなっている。

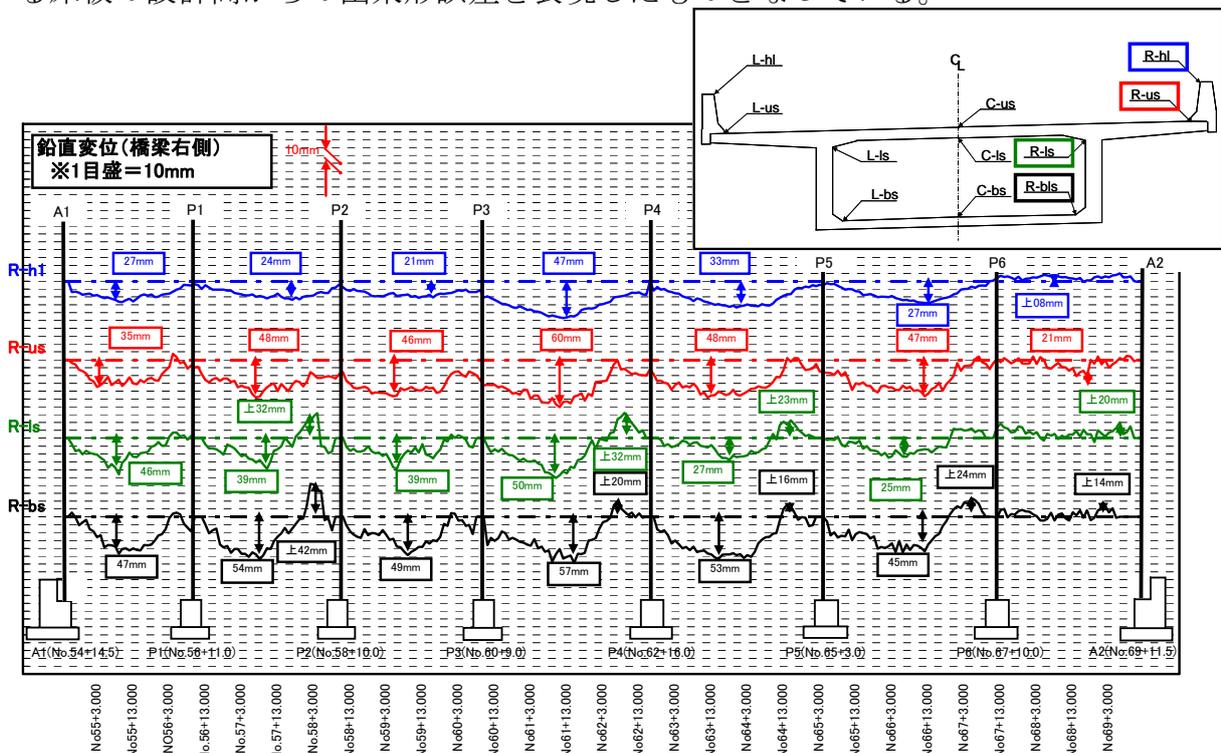


図-7(1) 橋梁各部における鉛直座標の設計値と実測値との差（橋梁右側）

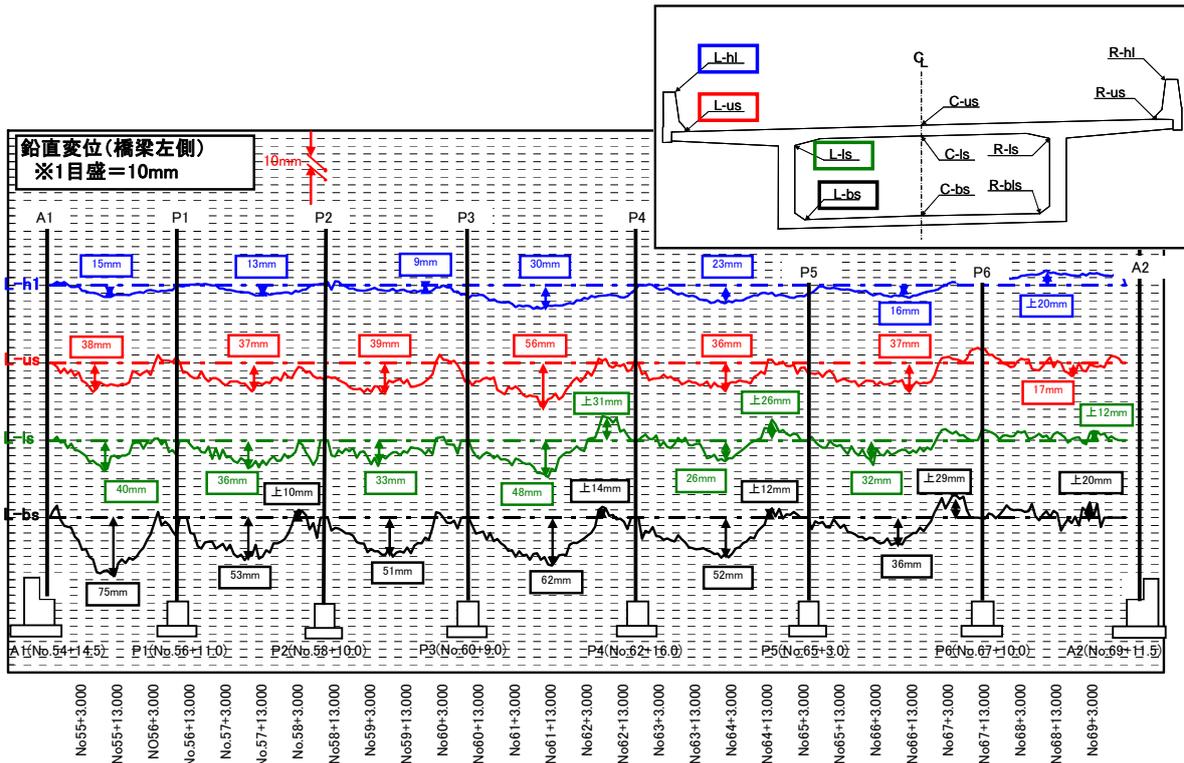


図-7(2) 橋梁各部における鉛直座標の設計値と実測値との差(橋梁左側)

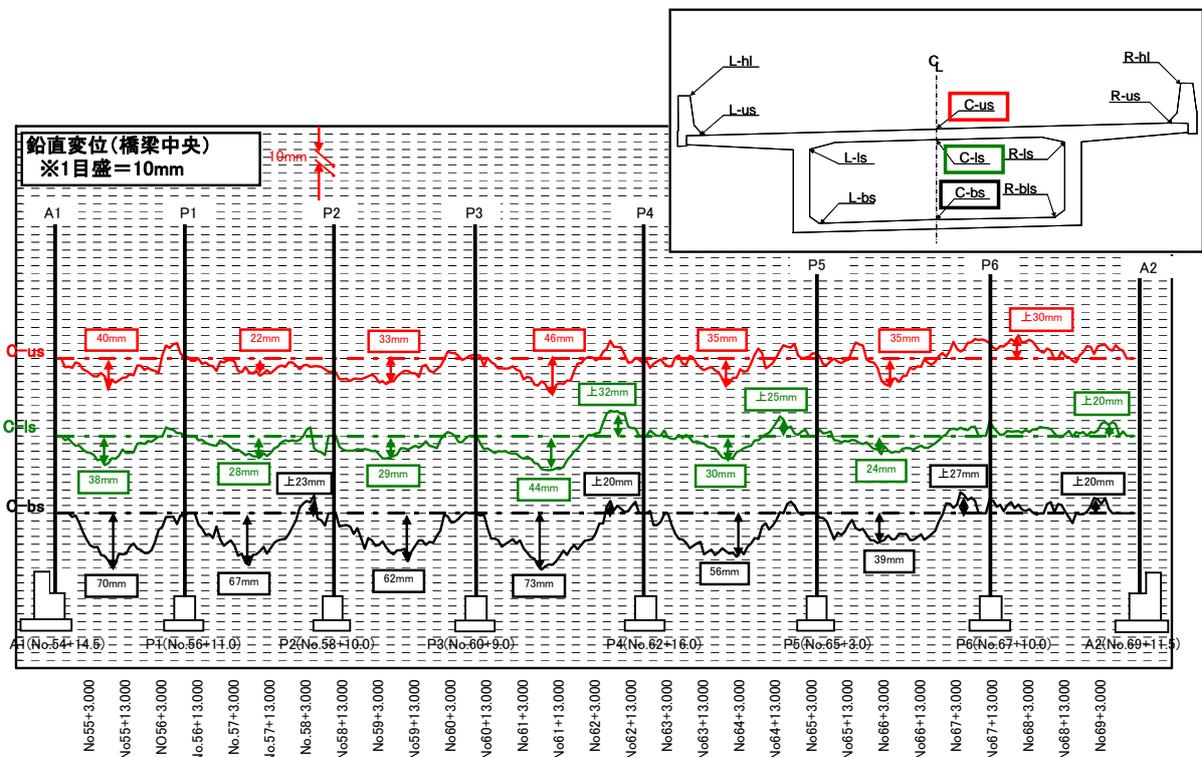


図-7(3) 橋梁各部における鉛直座標の設計値と実測値との差(橋梁中央)

5.4 構造物の実測形状に関する分析

1) 測定結果

図-7(1), 図-7(2), 図-7(3)の色別の折線グラフを基に、構造物の形状を確認してみると、以下のような結果となる。

- ① スパン A2-P6 以外の全てのスパンにおいて、スパン中央がたわんだ状態になっている。タワミは各スパンにおいて高欄部分(青線表示)、上床版下端部分(緑線表示)、下床版上端部分(黒実線表示)の順に大きくなっている。
- ② 上床版天端部分(赤線表示)と上床版下端部分(緑線表示)の差は上床版の厚さを示したものとなるが、変位差は一部基準値(共通仕様書の「出来形管理基準-10～+20mm)に満たない箇所も見られる。しかしながら、大半が施工許容誤差の範囲にあるとあってよく、設計床版厚は確保されているといえる。
- ③ 図-8に示すように、高欄天端の高さ(L-h1 および R-h1) と上床版天端部分の高さ(L-us および R-ru)の差は高欄の高さを表すことになり、高欄の高さはスパン端部に比べ中央部が大きくなっている。
- ④ 同様に、図-9に示すように、上床版下端部分の高さ(L-ls および R-ls) と下床版上端部分の(L-bs および R-bs)の差は箱桁側壁の高さを表すことになり、側壁の高さはスパン端部に比べ中央部が大きくなっている。
- ⑤ 橋脚部を外れた部分でタワミがプラス側に変化している。これらの箇所は桁コンクリートの打継ぎ目部分であり、この部分でプレストレスの導入を行っており、プレストレスの端部ということでプラス側の変位となっていると考えられる。

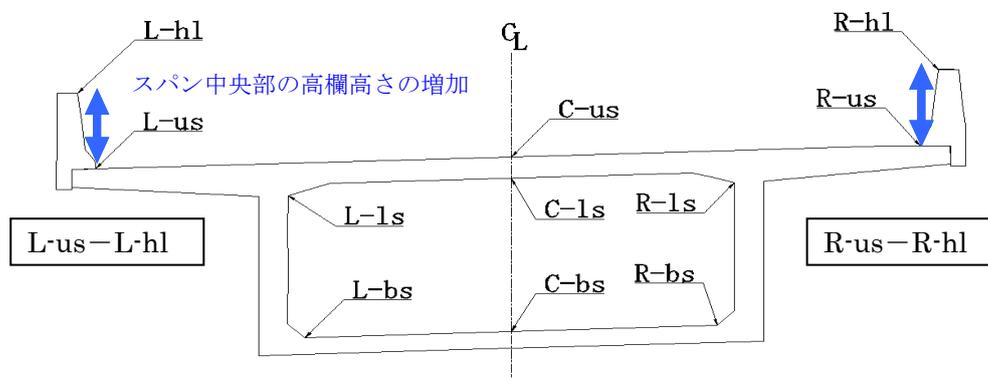


図-8 高欄天端高と上床版天端高の差による高欄高さの変位

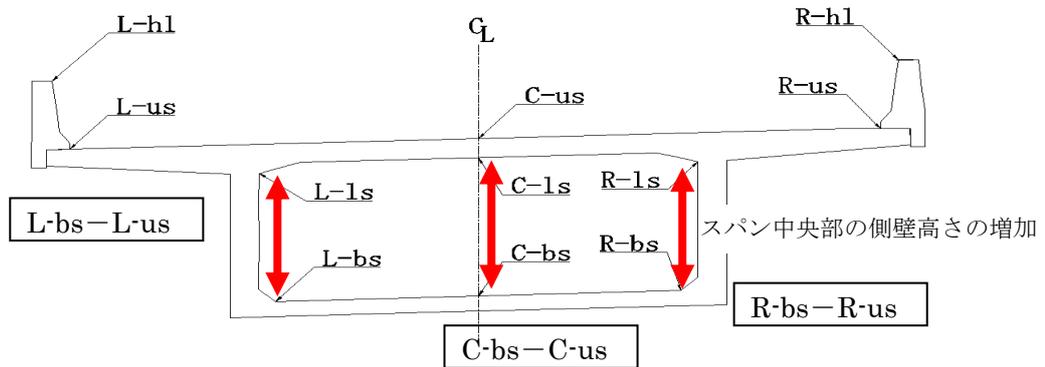


図-9 上床版下端高と下床版上端高の差による側壁高さの変位

2) 測定結果に基づく考察

図-10 は図-7(3)の各箇所での設計値と実測値との差を同一基準線で表したものである。スパン A2-P6 は上床版天端部分の測定値線(赤線表示)、上床版下端部分の測定値(緑線表示)、下床版上端部分の測定値線(黒実線表示)が錯綜しており、出来形誤差が一定量の間隔で変化するパターンは見られない。スパン P6-P5 においては、一部、上床版天端部分の変化量が、上床版下端部分や下床版上端部分の変化量を超える箇所が見られるが全体としては他のスパン同様に上床版天端部分(赤線表示)、上床版下端部分(緑線表示)、下床版上端部分(黒実線表示)の順に誤差が大きくなっている。

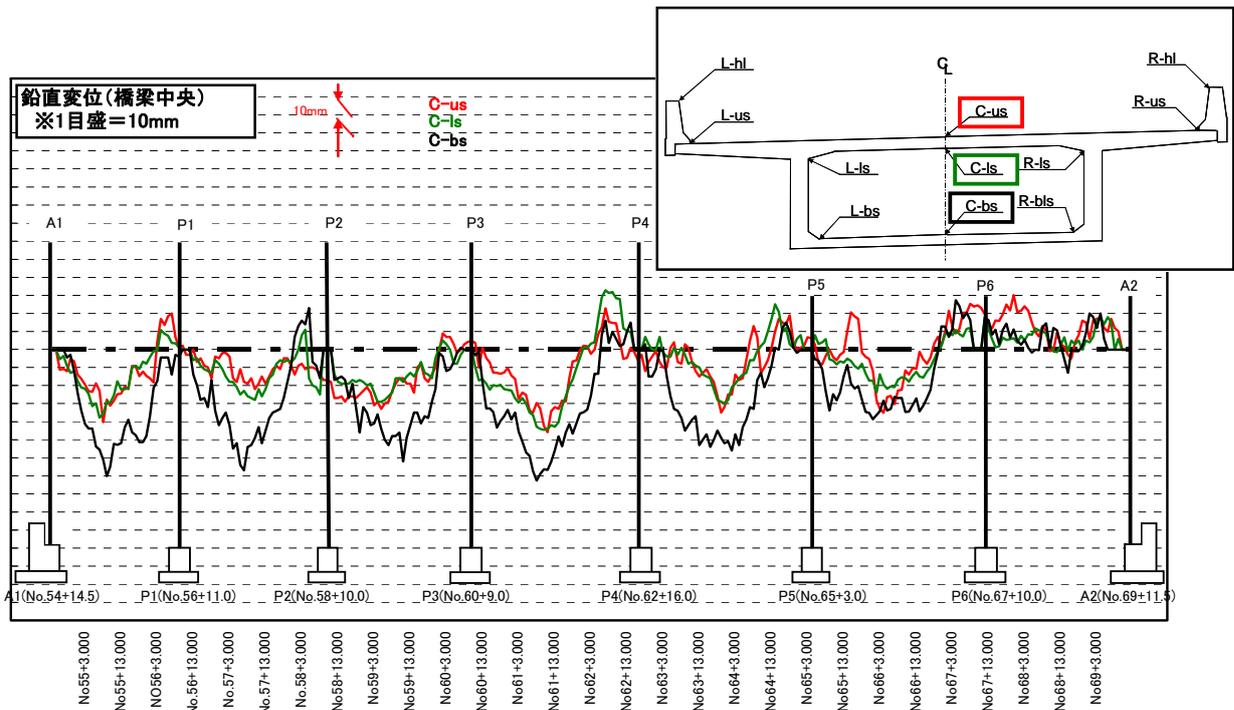


図-10 橋梁各部における鉛直座標の設計値と実測値との差(橋梁中央)

第1次コンクリートの下床版+側壁と、第2次コンクリートの上床版の打設が終了しプレストレスの導入まで、支保工は外されていない。もし、支保工が所定の強度を保持し、想定どおりの変位が生じただけの状態であれば、コンクリート打設時の荷重によって下床版上端部分のタワミ（黒実線表示）が発生することはなく、上床版下端部分にも誤差（緑線表示）が発生することはないということになる。前述のごとく、コンクリート打設によって発生するタワミに対し、各スパン共に、第1次コンクリートの下床版+側壁型枠組み立て時と、第2次コンクリートの上床版型枠組み立て時の2回、上げ越し量（キャンバ）設定を行っている。

実測データは、全体的に下床版上端部分の出来形誤差が、上床版下端部分の誤差より大きいという結果となっている。下床版上端部分の変位と、上床版下端部分の変位に相違があるということは、第1次コンクリートの下床版+側壁が打設された時点で変位が発生しており、第2次コンクリートの上床版は、その変位を調整して打設されたと考えられる。通常、第2次コンクリートの上床版打設に対する変位量調整は以下のことを考慮して行う。

- ① もし、下床版のタワミ変位が計算した予測値より少なかった場合は、その分だけ上げ越し量が残る。これを残留キャンバと表現すると、2回目の上床版コンクリート打設に対するキャンバ設定は、残留キャンバ量だけ差し引いたキャンバ設定を行わなければならない。この場合、側壁の高さは残留キャンバ量だけ低い出来形となる。
- ② もし、下床版のタワミ変位が計算した予測値より大きかった場合は、その分だけ上げ越しが減少する。2回目の上床版コンクリート打設に対するキャンバ設定は、減少量だけ加えたキャンバ設定を行わなければならない。この場合、側壁の高さは減少キャンバ量だけ高い出来形となる。
- ③ 実測値が予測変位量と大きく異なった場合は、支保工の計画を再チェックしその原因を明らかにし、2回目の上床版コンクリート打設に対するキャンバ設定を行うことになる。

形状実測結果からみると、②のケースが発生したと考えられる。“下床版のタワミ変位が計算した予測値より多かった”という事象の発生は、支保工の計画に問題があった可能性が高い。なお、高欄天端は、ほとんどの工区で中央部が下方にたわんでいる。竣工時に天端高さは一様であったと仮定すれば、この変化量はコンクリートの収縮に伴う上部工の変形量と想定される。

6. 要因調査・分析

以下、4.3.3 項で示した項目を確認してゆく。これまでの調査・分析結果を基に、先に示した図-3.を用いて問題発生メカニズムと直接的要因を特定すると、以下の図-11 に示すよう 3.支保工変形の可能性と 5. コンクリートの過度の変形が浮かび上がってくる。他の分科会で特定された「骨材の特性によるコンクリートの想定以上の収縮」に加え、施工計画の不備の複合的要因によって問題が発生したと考えなければならない。

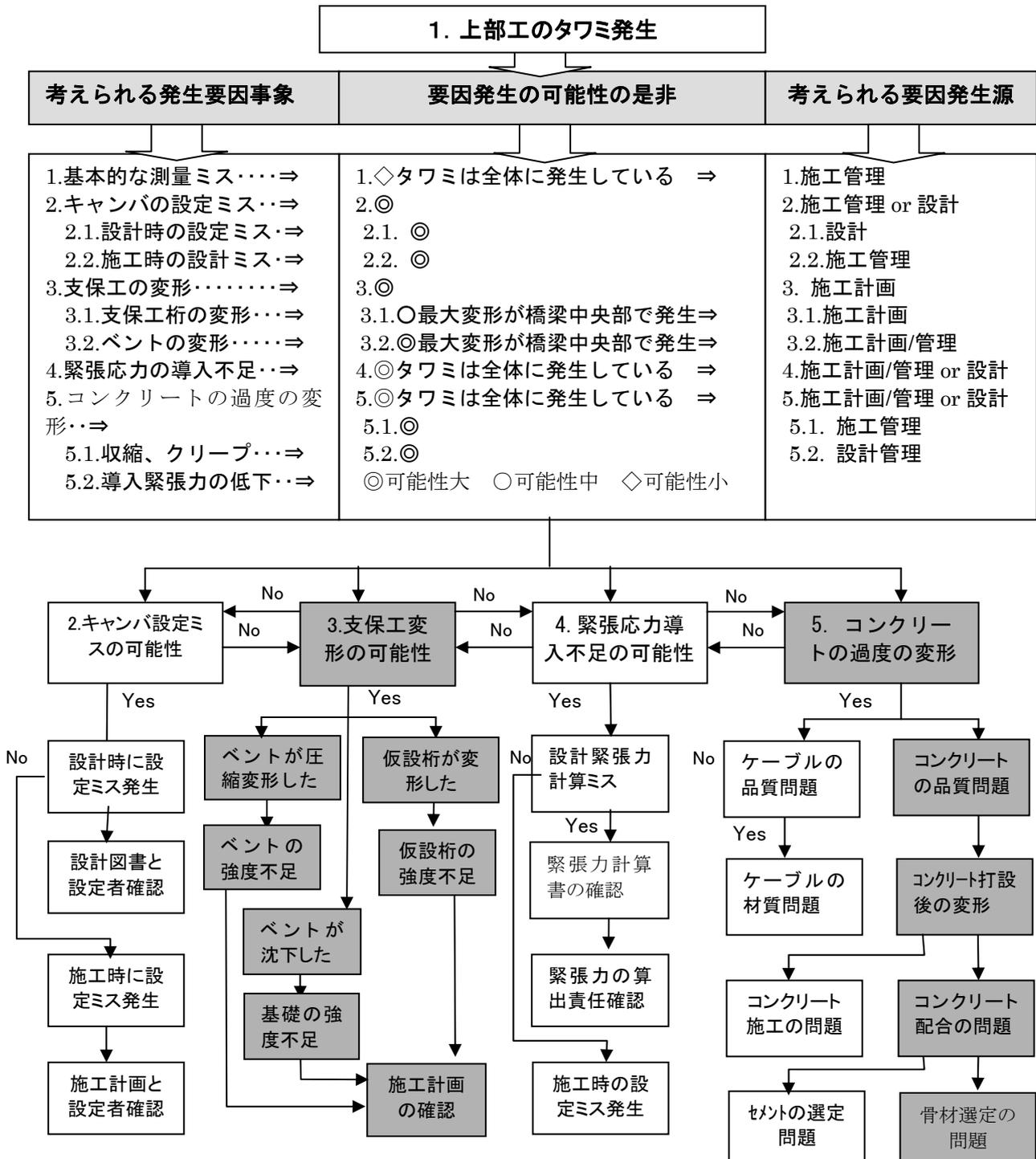


図-11 発生原因の分析のフロー

6.1 施工計画書の分析

1) 施工計画書の構成

当該プロジェクトは平成 13 年 1 月 29 日に契約が締結された。施工計画書は契約後、9 日目の平成 13 年 2 月 7 日に受注者から発注者に提出され、発注者は平成 13 年 2 月 14 日に受理表明を行っている。施工計画書は約 210 ページのボリュームで、以下のように 14 の章からなっている。

第1章	工事概要	9 ページ
第2章	計画工程表	2 ページ
第3章	現場組織表	3 ページ
第4章	安全管理	63 ページ
第5章	指定機械	8 ページ
第6章	主要資材	3 ページ
第7章	施工方法	68 ページ
第8章	施工管理計画	13 ページ
第9章	緊急時の体制および対応	5 ページ
第10章	交通管理	8 ページ
第11章	環境対策	2 ページ
第12章	現場作業環境の整備	13 ページ
第13章	再生資源利用の促進	5 ページ
第14章	その他	2 ページ

構造物品質の信頼性確保を具現化するための計画は、第 7 章が中核となり、この章は 68 ページのボリュームとなっている。しかしながら、記載内容の大半は市販の書籍に記されているような概念的記述でしかなく、支保工に関する記述は実質 6 ページ程度となっている。詳細は後述するが、高度な技術を必要とする当該プロジェクトを実質的に遂行するために必要な計画はほとんど記されていない。

第 8 章 施工管理計画 は 13 ページからなっており、出来形管理に関する記述は 6 ページであり、横方向最大タワミに関する数値は定められているが、橋軸方向のタワミに関する規定は示されていない。

一方、工程表は A4、1 ページに準備工と片付けを含む 11 工事項目をバーチャートで記した程度のものである。この施工計画書では、発注者と受注者の相互が信頼性を維持しながら“経過の管理”を行ってゆくことは非常に難しい。

我が国の建設プロジェクトでは、施工計画書や工程表が契約書の一部として位置づけられていないということもあり、このような内容の施工計画書が一般的と

なっているが、構造物の品質の信頼性確保といった観点からすると根幹的問題であると考えられる。ちなみに、国際建設プロジェクトでは施工計画書は、契約書の一部として位置づけられ、**Method Statements** といった言葉が使われる。直訳すれば“(工事) 遂行に関する声明書”ということであり、当該プロジェクトの遂行方法を宣言するものとして位置づけられている。

2) 支保工に関する記述

施工計画書の第7章 施工方法の第2項は支保工について記したものである。以下、施工計画書の記述(太字表記)とその内容を記すと共に記載内容の妥当性を検証する。

[1] 支保工の選定

支保工は、主版コンクリート自重、型枠および作業床等の荷重を安全に支持するよう、特にPC部材はプレストレスが与えられるまでは無筋コンクリートに等しい状態にあるから、構造的に悪影響を及ぼすような沈下や変形がないよう、またプレストレスによる桁の反りあるいは反力の移動を障害しない構造とする。

上記の内容は、極めて一般的な計画方針であり、以下の図(図-12 施工計画書に記された図)を示し、“本工事では支柱式支保工で計画検討する”と述べている。

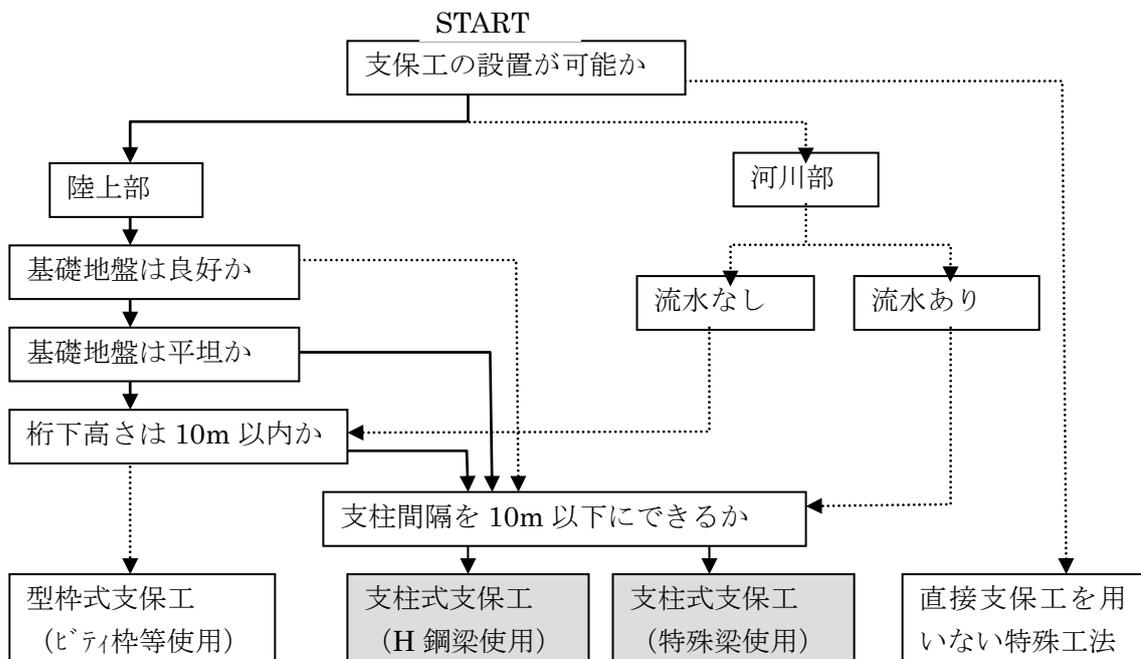


図-12 施工計画書に記された図

桁施工の支保工は、契約当初、発注者が仮設工法を指定する、いわゆる“指定

仮設”であり、施工方法に関する実施および管理仕様は発注者によって決められていたはずである。この実態を踏まえれば、受注者が作成する施工計画は“本工事では支柱式支保工で計画検討する”といったものでなく、より具体的な施工計画が記されなければならないことになる。

[2] 支保工の基礎

支保工の基礎は、上部からの荷重に十分耐えられるよう、支柱基礎部分は基礎地盤の上に切り込み砂利を敷き、振動ローラー等で十分に転圧し、その上に覆鋼板を敷いて基礎とする（又、地盤支持力は試験により確認し、必要に応じ地盤耐力の改善を図る（別途協議））。

この記述も、具体的方策が十分示されていない。“十分に転圧し”とあるがその確認方法が示されていない。同時に、“地盤支持力は試験により確認し”とあるが、実施された平板試験の方法及び成果については別途提出されていて、本施工計画書には試験方法と確認方法が示されていない。

[3] 支保工の組立

支保工を建て込む時は、型枠、支柱等の繋ぎ目及び基礎地盤の沈下をあらかじめ予想して上げ越しをおこなう。

この記述も、具体的方策が示されていない。“型枠、支柱等の繋ぎ目及び基礎地盤の沈下をあらかじめ予想して”とあるが、どのような方法で予想するのか。上げ越し”の算出方法、確認方法が示されていない。同時に、“地盤支持力は試験により確認し”とあるが、試験方法と確認方法が示されていない。

[4] 支保工の点検

支保工の事故原因は大半が水平方向の安定欠如や基礎地盤の不等沈下である。特にこれについては十分計画を重ね、組立完了の点検及び日常点検を実施し、またコンクリート打設時の支保工の沈下については打設中随時測定を行う。

この記述も、一般論を述べているだけであり、具体的方策が示されていない。“支保工の沈下については打設中随時測定を行う”としているが、いかなる測定方法をとるのか、施工計画書はこれ等の点を明らかにすることが求められているはずである。ちなみに、第7項コンクリート工、[3]コンクリート打設、g) 支保工の沈下量測定では、“支保工の沈下量は支保工に印を付けてレベルで測定し、コンク

リート打設中の沈下量を測定する”とし、以下の図(図-13)を示している。

この管理計画からすると、受注者は沈下量測定を水準測量で行うことを考えていたことになる。コンクリート打設中の支保工の沈下測定は、基礎の沈下量、支保工の収縮量、なじみ量等を勘案し、荷重変化に伴う予測量をあらかじめ計算し、その数値を基に管理してゆくものである。そもそも、こういった管理は水準測量で行える精度のものではない。基本的計画としては、図-14に示すように、独立した計器設置構造を設けダイヤルゲージ等を設置し、支保工の上部と下部の変位を測定するといった管理体制を整えることが必要となる。

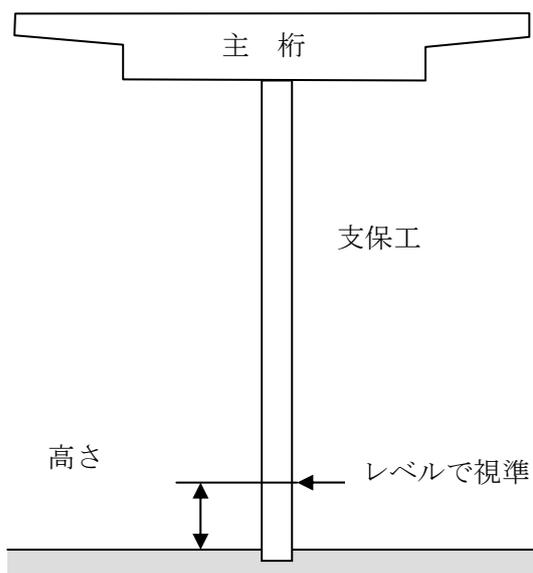


図-13 施工計画書に記された図

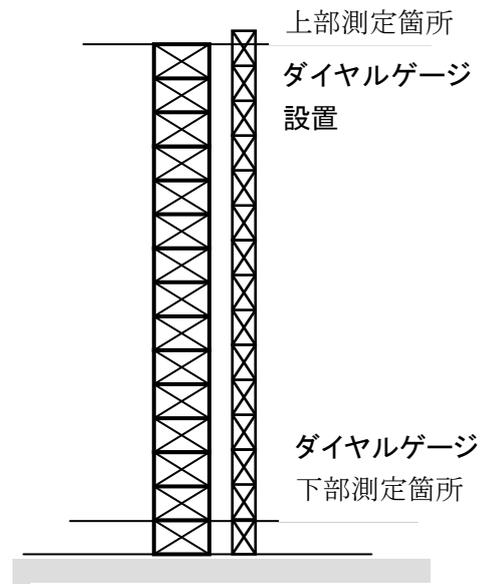


図-14 コンクリート打設中の支保工の沈下測定

図-15は平成17年6月に受注者が提出した「回答資料集」にあるものである。

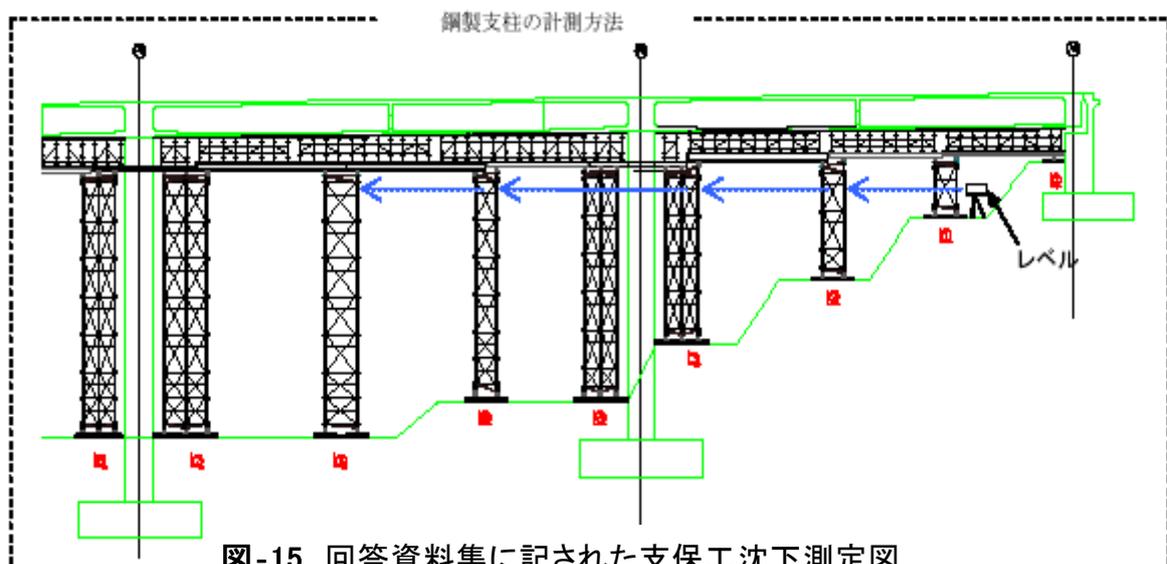


図-15 回答資料集に記された支保工沈下測定図

この図の説明書きには“第1施工区間（A2～P6）および第2施工区間（P6～P5）において、コンクリート打設前に①番支柱位置付近よりレベルで視準しながら鋼製支柱に印をつけておき、コンクリート打設後に変位量を測定した”と記されている。実際の沈下測定管理はこの方法で行われたことになるが、前述の如く、この方法では精度の高い管理は期待できないし、変位が何処に生じたかを把握することは困難となる。

表-3 回答資料集に記された支保工沈下測定値（単位:mm）

打設箇所		測量位置	地盤沈下量の 予測値 ①	鋼製支柱変位量 の予測値 ②	予測値の合計 ③=①+②	実測値 ④	差 ④/③
第1施工 区間 A2～P6	一次コン クリート	②番支柱	8	5	13	8	61.5%
		③番支柱	8	9	17	9	52.9%
	二次コン クリート	②番支柱	8	3	11	0	0.0%
		③番支柱	8	5	13	1	7.7%
第2施工 区間 P6～P5	一次コン クリート	⑤番支柱	8	11	19	10	52.6%
		⑥番支柱	8	14	22	10	45.5%
	二次コン クリート	⑤番支柱	8	6	14	2	14.3%
		⑥番支柱	8	7	15	0	0.0%

表-3は、回答資料集に記された支保工沈下量予測値と実測定値を示したものである。予測値に対し、実測値が大きく下回っている。結果だけを見ると極めて安全側となるが、問題は予測値である。受注者は、②番支柱の沈下予測値を24mm＝1次コンクリート13mm＋2次コンクリート11mm、③番支柱は30mm、⑤番支柱は33mm、⑥番支柱は37mmといった沈下を予測していたことになる。

コンクリート橋梁の施工に於いて、支保工が30mm以上も沈下することを予測した施工計画は常識的に考え難い。コンクリート打設中に30mm以上も沈下量が発生した場合、様々な影響が施工中の構造物に発生することは明らかである。もし予測値が計算値として正しいのであれば、こういった大きさの沈下が発生しない方策を見出さなければならないことになる。

受注者は、上述のような問題を含んだ計測方法で第1施工区間（A2-P6）から第2施工区間（P6-P5）の沈下測定を行った結果を以って、残りの第3施工区間（P5-P4）から第7施工区間（P1-A1）の施工を直接的計測なしに行った。

表-4は回答資料集、施工計画書等に記された内容を分析し、鋼製支保工の変位観測管理の実態を整理し、受注者に確認したものである。

表-4 鋼製支保工の変位観測管理実態

工区 測定	第 1 施工区間 (A2-P6) および第 2 施工区間 (P6-P5)	第 3 施工区間 (P5-P4) から第 7 施工区間 (P1-A1)
① 鋼製支柱変位量 (基礎地盤沈下量と鋼製支柱の縮み量の合計値)	鋼製支柱上部にマーキングし、コンクリート打設前後のマーキング高さをレベルにて視準	直接計測していない※2
② 鋼製支柱基礎地盤沈下量	直接計測していない※1	コンクリート打設前後の覆工版天端高さを計測
③ H 鋼のタワミ	H 鋼支間中心のタワミを PC 鋼材と木杭で計測	直接計測していない※3

※1: 鋼製支柱自体の縮みの事前予測値と①で計測した実測値の値が近いいため、鋼製支柱の基礎地盤沈下は小さいものと判断した。よって沈下量を直接計測しなかった。また、施工前に平板載荷試験を実施し、地盤の短期許容支持力が所定の値を満たしていることを確認している。

※2: 第 1・第 2 施工区間の計測において、鋼製支柱自体の縮みの事前予測値と①で計測した実測値の値が近いいため、予測値は信頼できるものと判断した。よって第 3 施工区間以降では①の計測を省略した。

※3: 第 1・第 2 施工区間の計測において、H 鋼のタワミの事前予測値と実測値が近かったため、予測値は信頼できるものと判断した。よって第 3 施工区間以降では③の計測を省略した。

[5] 土工部の施工方法の項目も一般論を述べているだけで、具体的方策がない。

公共工事における施工計画の精度保持は、受注者側だけの問題ではない。国民に代わって監理・監督を担う発注者側も当然のことながらその責任を負わねばならない問題である。

6.2 キャンバ確保のための上げ越し測量

施工計画書には、独立した項目として測量に関する実施計画を記述したものはない。施工計画書の第 7 章 施工方法、第 7 項コンクリート工の C.コンクリート打設前の点検事項には、“コンクリート打設前に点検しなければならない項目を列記する

と、次のようになる”として、“V. 型枠が所定の寸法に立て込まれているかを点検する”という記述が見られるだけである。

コンクリート打設高をマークする“打設天端測量”なくして桁コンクリートの打設は行えない。同時に、桁コンクリートの打設にはスラブ型枠の高さを決める“型枠天端測量”が必要となる。“打設天端測量”と“型枠天端測量”は共に設計キャンバを確保するための“上げ越し量”を考慮して設定値を定めることになる。上述の如く、“打設天端測量”と“型枠天端測量”なくしてコンクリート打設は出来ないという物理的条件から考えると、これらの測量が実際に行われたことは事実と思われる。しかしながら、“上げ越し量”に関する扱いを十分に考慮した管理体制がしっかり取られていたかどうかは、疑問である。以下、その理由を挙げる。

- ① 施工計画書に測量計画に関連する記述がない
- ② 構造物完成時の出来上がりキャンバ量が設計書にも図面にも明記されていない。
- ③ 天端値算出の計算書は作成されているが、受注者と発注者間で報告・承諾といったプロセスがなかった。
- ④ 発注者側の監督員が“打設天端測量”と“型枠天端測量”の測量結果を現場で確認した記録が残されていない。

特に、③天端値算出の計算書といった、施工上最も重要な測量計画に関する書類に対し受注者と発注者間で報告・承諾といったプロセスがなかったということは、受注者、発注者の双方において、その重要性が認識されていなかったということになる。

6.3 指定仮設としての発注者側の仮設計画

桁の施工に用いられた鋼製支保工は、契約当初、指定仮設（発注者が指定した仮設工法）であった。故に、この時点での施工方法に関する実施および管理仕様は発注者によって決められていなければならないことになる。

発注者は鋼製支保工に関する、詳細図や設計計算書等は受注者に提示しているが、この中には施工時のタワミに関連する情報は含まれていない。この事実からすると、発注者側に施工時のタワミやキャンバ確保のための管理に関する配慮が十分であったかどうかは、大いに疑問となるところである。

6.4 技術提案としての受注者側の仮設計画

指定仮設であった鋼製支保工は、契約成立後の平成13年5月8日に工事打合簿

という形で、受注者側から発注者へ変更提案が成され、これに基づき施工方法の変更がなされている。この時点で受注者側から、鋼製支保工の仮設計画書（添付資料；支保工変更理由書）と工程表が提出された。キャンバ設定の計算内容が分る資料は、受注者側にも、発注者側にも残されていないという回答であった。同時に、鋼製支保工の詳細施工計画、詳細図作成、設計計算等は受注者が自身で行っておらず、全て専門業者に依頼したとのことであった。

6.5 受注者側の施工管理体制

これまでに述べてきたように、受注者側の施工監理体制は十分であったとはいえない。以下、その理由をのべる。

1) 施工計画書の精度

管理（Control）とは、“目標とする基準”を設定し、その基準に照らし合わせ実際に行われている活動をチェックしてゆくことである。施工計画書はまさに“作業基準”を示すものであり、常に異なった条件に下に行われる建設工事にとって必要不可欠なものといえる。受注者が提示した施工計画書ではしっかりとした施工管理体制を作る基盤とはなりえない。鋼製支保工の施工についていえば、基礎地盤の形成、耐力試験、沈下計測等の計画が十分であったかはきわめて疑わしい。こういった管理の出発点となる施工時のタワミやキャンバ確保のための管理に関する視点が極めて不明瞭であるからである。

2) プロジェクト組織

図 - 16 は施工計画書に記されている現場組織表である。この組織表および安全衛生協議会のメンバー表をみるとわかるように、受注者である日本高圧コンクリート株式会社からプロジェクト最前線である現場に専任として位置された技術者は、現場代理人 A、工事主任 B そして工事係 C の 3 名であった。

A は現場代理人、監理技術者、重機管理担当者、交通安全担当者の 4 役を兼務、B は測量出来形担当、品質管理担当、出来形管理担当、工程管理担当の 4 役を兼務、C は機械器具管理担当者、写真管理担当者、建設副産物責任者の 3 役を兼務、という体制でプロジェクトが遂行された。他に、労務安全担当として D、安全巡視員として E、品質証明員として F の 3 名を配置しているが常駐の技術者ではない。

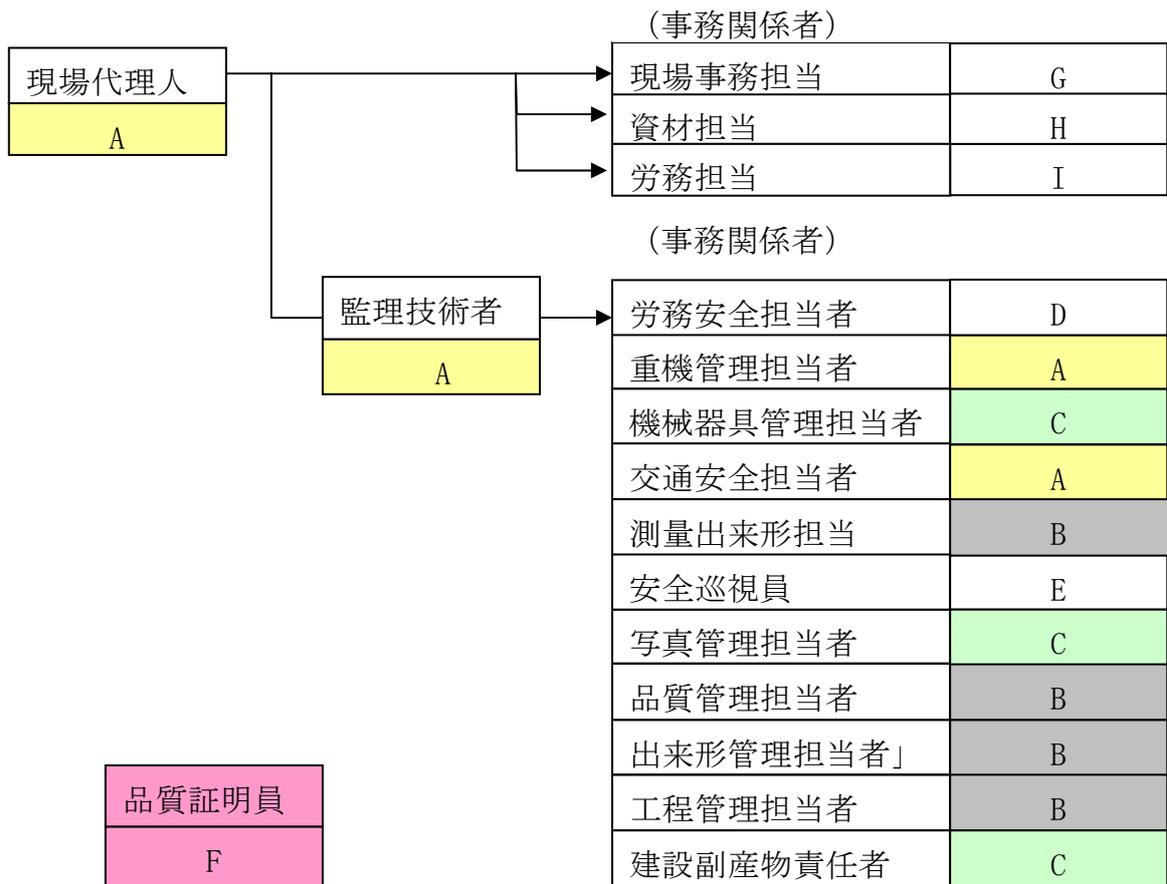


図-16 施工計画書に記された組織図

施工計画書に記されている組織構成は、着眼点を安全管理においている。日本の建設プロジェクトではこういったアプローチが一般的となっている。工事安全は重要な管理項目であることは間違いない。だが、安全管理は、しっかりした施工計画、施工管理体制によって担保されるものである。プロジェクト組織の構成は、プロジェクト遂行に必要な業務を明らかにし、その遂行者を適正に配置することであるといつてよい。また、プロジェクト組織とは、“現場：Project site の組織”ではない。プロジェクトは、本部：Home office と現場：Project site office が一体になって推進するものであり、この観点での組織構成が必要となる。当該施工計画書には、この観点が欠如している。

躯体の施工業務に加え、専門業者が作成した鋼製支保工の設計内容チェック、基礎地盤の形成、耐力試験、沈下計測等の計画、施工時のタワミやキャンバ確保のための管理に関する計画のほとんどを、3名の現場：Project site の組織で行う計画であったとすると、精度の高い計画策定は無理であったと言わざるをえない。ヒアリングの結果では、現場：Project site の組織では専門業者が作成した鋼製支保工の設計内容チェックを行っていないことが明らかになったが、本部組織で行

われたかどうかは明確にされなかった。

組織表にある“品質証明員”は、国土交通省の「品質証明制度」の定めに従って配置されたものであると思われる。「品質証明制度」はISO9000sを基盤とするもので、品質証明員の資格と業務を以下のように定めている。

- ① 品質証明員の役割を“土木請負工事の適正な品質を確保するために、自主的社内検査を実施するもの”とし、当該工事に従事しない者とする。
- ② 品質証明員として必要な資格は、10年以上の現場経験を有し、技術士もしくは1級土木施工管理士の資格を有する者とする。ただし、総括監督員の承諾を得た場合は、この限りでない。
- ③ 品質証明員は、工事途中においても必要と認められる時期及び検査(完成、既済部分、中間技術)の事前に、契約図書および関係図書に基づき、出来形、品質及び写真管理はもとより、工事全般にわたり確認を行い、検査時にその結果を品質証明として提出しなければならない。
- ④ 品質証明員(複数の場合は代表者)は、検査官から検査時(完成、既済部分、中間技術)に立会いを求められた場合は、立会いするものとする。

当該プロジェクトにおいて品質証明員が果たした業務内容は記録が残されていないため不明である。だが、業務の記録が残されていないという事実から見て、品質証明員が機能したとは考え難い。

6.6 発注者側の施工管理体制

当該工事の発注者側の工事管理体制については、今回の調査・分析では十分に行われていない。しかしながら、現在一般に行われている発注者側の工事管理体制についても問題があったと考えなければならない。

理由の第1は、施工監理の基準値となるべき施工計画はほとんど施工者に任せきりになっている点である。現状のシステムでは、受注者から提出される施工計画書に対する発注者側の検討責任が明確ではない。本プロジェクトでも発注者側が施工計画書の検討を行った形跡が見られない。第2は、当該プロジェクトに於いて根幹となる品質管理に関する記録がほとんど残されていないとことである。例えば、支保工支柱の基礎となる橋脚フーティングの埋戻し工事(別途工事)の時期や施工方法についての記録が残されていない、型枠検査、キャンバ設定確認検査の記録がない等。この事実からすると、日々の品質管理が計画性をもって行われる体制が完備していなかったと判断される。

ヒアリングの結果からしても、発注者は、まさに“標準的監理”を行っていたとの

認識である。つまり、発注者側の施工監理の認識は“信義に基づき誠実に契約を履行する”といった契約文言に基づく請負者の自主管理を中核に置いたものであると見てよい。この体制は、我が国の公的発注者が共通して持っている工事監理の理念であり、問題の発生源を早期に特定し的確な施策を打ち出してゆける体制ではない。こういった意味で、抜本的なプロジェクト管理体制の改善と管理システムの確立といった方策が早急に取られるべきであると感じる。

6.7 設計者の管理体制

垂井高架橋は PRC 構造という設計思想の下に設計された橋梁であり、加えて 7 径間連続のラーメン構造であり、不静定次数も高く、十分な施工時応力に対する管理が必要とされる構造物である。ヒアリング調査で明らかになったように、設計者は“PRC 構造の橋梁建設には特殊な技術が必要であると考えていたか”という質問に対し以下のような内容の意見を述べている。

- 構造の複雑さを認識して設計計算を実施したが、高度な施工技術を要する特殊橋梁とは考えていない。特殊橋梁とは吊橋・斜長橋などであり、PRC 工法は特殊橋梁には入らないと考える。
- 経済設計の概念で、可能な限りスリムな構造となるよう設計をおこなった。この面での目的は達成されたと考えている。施工は施工者の責任で行われるものであり、設計者の責任外である。

これらの意見は、現在わが国で設計者が置かれている立場に基づき、述べているのであろうが“技術者”としては根本的問題を含んでいる。なぜならば、設計者として、自身が策定した設計性能を担保するために設計情報をいかに施工者や監理者に伝達するかといった観点が欠落しているからである。真の技術者であれば“経済設計の概念で、可能な限りスリムな構造となるよう設計”という自らのチャレンジを具現するまで見届けなければならない。そのためには、設計者と施工者が一体となって設計性能を担保することが必要となる。特に、施工の進行と共に発生する各種応力、変位、上げ越し量等の計算や計測値について、施工者がどのように考え、対応しようとしているのか、設計者は監督者と共に考え、必要な情報を伝達してゆくべき立場にある。現状のシステムを再考し、設計者の業務を施工の初期段階まで組み込むシステムを構築する必要があると考える。

7. 契約的側面からの分析

ここで述べる契約的側面からの分析は、国際建設市場にみられるような技術的な裏づけを重視し、結論を導き出すものである。当該工事で発生したタワミと多数のひび割れ、部材間のタワミ差は以下の3つの原因が複合して生じたものと考えられる。

- ① コンクリート収縮量が想定を超えたものであった。
- ② 支保工の支持力の不足、設計・計画に不備があった。
- ③ 不静定次数の高い構造物としてのキャンパ管理計画が不十分であった。

①の原因について考えると、施工者は仕様書に定められた規定に従って、JIS規格に適合した骨材を選定し、発注者側もその使用を承認している。施工者、発注者ともに、粗骨材の収縮に付いては管理対象外の事項として捉えていた。

②の原因は、施工計画時点から不備であり、基本的責任は受注者側に帰属するものと考えなければならない。

③の原因は、設計者、発注者、施工者の3者が共に不静定次数の高い構造物をどのように完成させるかという意識が不足していた。このため、設計者、発注者、施工者の3者が共に持てる技術力を統合し、信頼度の高い構造物を作っていくといったプロジェクト遂行体制が形成されていなかった。発生した問題は、不当な利益を得るといった目的をもって意図的に行われたものではないことは明らかである。しかしながら、発注者と受注者間の契約に従い、瑕疵として処理されるべき問題となる。瑕疵に関する条項は以下のとおりである。

- ① 請負者の瑕疵の有無 44条第1項目
- ② 補修及び損害賠償の有無 44条第1項
- ③ 故意・重大な過失の有無 44条第2項

本報告書は、現時点で可能な調査と、入手可能な資料を基に調査分析を行ったものであり、契約的責任を明らかにするためには更なる調査・分析が必要となる。しかしながら、本報告書で述べた内容は、本問題が仲裁等に持ち込まれた場合の基本的な判断基準となりえると考えられる。

表-5は、現状の建設工事標準請負契約約款の条項を踏まえ、契約的観点からみた発生原因に関する施工者、発注者、設計者の責任分担の概念図を示したものである。この表で見ると、ほとんどの責任は施工者に帰する構造となると思われる。

表-5 問題発生原因と責任分担 契約的観点からみた責任

問題発生原因 \ 責任分担	施工者	発注者	設計者
想定を超えたコンクリートの収縮量			
支保工の支持力の不足、設計・計画に不備があった			
不静定次数の高い構造物としてのキャンパ管理計画が不十分であった。			

責任高位

責任中位

責任低位

一方、表 - 6 は問題発生原因と責任を技術的観点から見たものである。表 - 6 とは異なった責任分担構造が現れてくる。本来、契約的責任分担構造は技術的観点からみた責任分担構造と同じ方向性を持たなければならないものである。我が国の建設請負契約はこの原理が充分機能しない構造となっている。原因は、契約そのものが施工者、発注者、設計者の3者構造ではなく、施工者、発注者の2者構造である等が挙げられる。いずれにしても、契約的責任構造と技術的責任構造を一致させる施策なくして、施工者、発注者、設計者の持つ技術力の統合による品質管理体制は生まれず、品質欠陥問題の発生を的確に把握し、対処してゆくことは難しくなる。

表-6 問題発生原因と責任分担 技術的観点から見た責任

問題発生原因 \ 責任分担	施工者	発注者	設計者
想定を超えたコンクリートの収縮量			
支保工の支持力の不足、設計・計画に不備があった			
不静定次数の高い構造物としてのキャンパ管理計画が不十分であった。			

責任高位

責任中位

責任低位

8. まとめ

1990年代中頃から、建設産業においても、ISO9000シリーズによる品質管理システムの導入が積極的に行われてきた。当該工事もISO9000sの管理体制の下に行われたが、実態は大きな品質問題を発生させてしまった。深刻な問題は、工事遂行に関する記録がほとんど残されていないことである。ISO9000sの管理体制は品質問題の遡行調査機能を備えることにある。

ISO9000シリーズによる品質管理システムは“相互不信頼”を基盤としているといっている。一方、我が国の建設産業は“信義と信頼”を基に“相互信頼”を基本理念としてきた。現状は、“相互不信頼”と“相互信頼”が錯綜し、品質管理体制の低下という逆作用を起こしている状態にあると考えられる。

本報告書で分析したように、契約事項の遂行といった観点からするとほとんど中身の無い施工計画書が作成され、発注者によって承認されている。ISO9000シリーズによる品質管理システムに基づくのであれば、“相互不信頼”を前提にして施工計画書が作成され、日々の監理が行わなければならないことになる。実態は、ISO9000シリーズによる品質管理システムの形をとりながら“相互信頼”の基盤で施工計画書が作成され、施工計画書とは別の次元で工事遂行と監理が行われているということである。

これは当該プロジェクトだけではなく我が国の建設プロジェクトに共通して見られる現象と考えられる。我が国の建設産業はこれまで世界的にも高度な品質管理を実証してきた。それは、“相互信頼”の基盤の上に、発注者側と受注者側の双方の技術者達が、持てる力を統合し管理してきたからであった。しかしながら、分業化・専門化の進行、技術の空洞化といった問題が顕著になり、技術者の能力は急速に低下してきている。もう一度、原点に戻って品質管理システムを考え直さなければならない時期にきている。

具体策として早急に行うべきは、施工計画書の充実・重視である。我が国の建設産業が目指す方向は、施工計画書を“相互不信頼”を前提にして作成し、これを基に工事遂行を“相互信頼”のもとに実行することであると考えられる。

平成20年3月