

計画修繕工事の課題とその対応について ～寄宿舎併設施設の設計・工事監理を通して～

三宅 達也¹

¹兵庫県県土整備部住宅建築局営繕課 (〒650-8567 兵庫県神戸市中央区下山手通5丁目10-1)

兵庫県では、2018年3月に「公共施設等総合管理計画」を定めており、公共施設等の老朽化対策の推進に取り組みは始めている。その取組の一つとして、予防保全の観点から計画修繕工事を2018年度から本格的に実施している。本論では、本県の計画修繕工事のうち、最初に工事完成を迎えた寄宿舎併設施設の設計・工事監理を通して、「①工事の長期化」、「②施設利用者の活動範囲と工事範囲の干渉」の課題に対して検討を行い、工事対応について現地職員に行ったアンケート結果の考察について報告する。

キーワード 計画修繕、執務並行改修、寄宿舎併設

1. はじめに

兵庫県では、2018年3月に「公共施設等総合管理計画」を定めており、公共施設等の老朽化対策の推進に取り組みは始めている。その取組の一つとして、施設寿命の延伸と、中長期的なトータルコストの低減を図る予防的・周期的な修繕工事（以下、「計画修繕工事」という）を、2018年度から本格的に実施している（計画期間：2026年度まで）。

計画修繕工事は、執務並行改修（居ながら工事）となることが多く、工事範囲や工事時間の限定、騒音対策が必要である。また、予算が限られる工事の性質上、一般的には性能の向上を伴わず、現状並みの改修となる。

本論は、本県の計画修繕工事のうち、最初に工事完成を迎えた寄宿舎併設施設の計画修繕工事における設計・工事監理を通して、計画修繕工事が抱える課題を整理し、その対応を検討することで、今後本格化する計画修繕工事の円滑化に資することを目的とする。



図-1 寄宿舎併設施設（体育館）外観

2. 工事概要

(1) 施設の概要

寄宿舎併設施設は、不登校等により進路発見が困難な状況にありながらも、自立に向けて努力を続ける高校・大学の年代の青少年を対象とした施設で、1994年に開設されている。

施設の利用者は、青少年約50名、職員約30名である。

図-1に寄宿舎併設施設の外観を、図-2に配置図をそれぞれ示す。敷地内には①体育館、②管理研修棟、

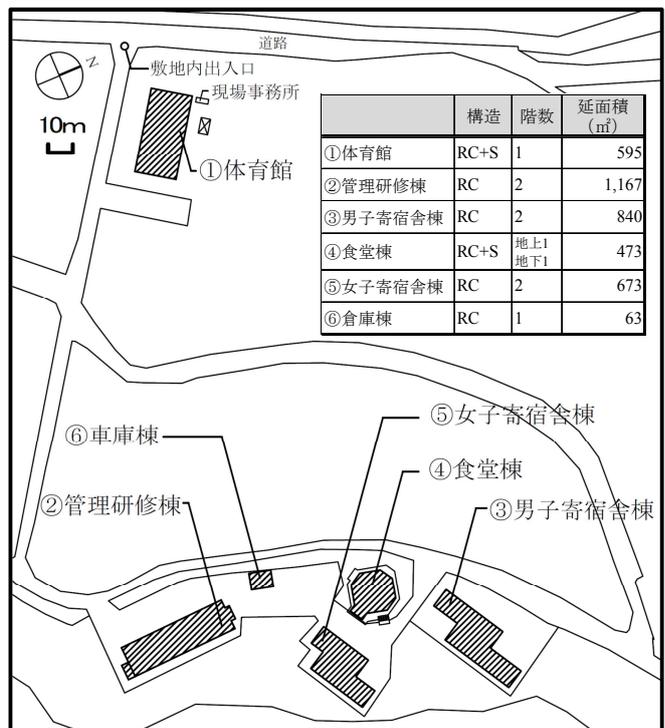


図-2 配置図

③男子寄宿舎棟、④食堂棟、⑤女子寄宿舎棟、⑥車庫棟が建築されている。外観は特徴的なチロル調の意匠で統一されている。この意匠は不登校等になった青少年の心境に配慮し、学校を連想させない建築を目指した当初の設計意図によるものである。

(2) 改修内容

予防保全の観点から外部改修を優先的に行う（対象は全棟）。内部改修は施設からの要望で、予算が許す限り改修を行う。主な項目と施工手順は下記のとおり。

1) 屋根改修

平形スレート屋根：仕上材撤去→ルーフィング増張→仕上材新設（同質・同材にて）

2) 外壁改修

しっくい調塗装：外壁補修→化粧木材の塗装→外壁塗装（同質・同材にて）

3) 男女寄宿舎棟の浴室全面（床・壁・天井・器具）改修

4) 劣化の激しい内装の改修

3. 工事における課題

工事中の仮設施設の設置は行わないことから、利用者が施設を使いながらの執務並行改修となるため、下記課題が生じた。

(1) 課題1：工事の長期化

工事が長期化すれば騒音・振動の期間が増えることとなり、青少年の生活環境、職員の執務環境が損なわれてしまうため、執務並行改修では工期の短縮化が強く求められる。

(2) 課題2：施設利用者の活動範囲と工事範囲の干渉

職員は月曜から金曜まで施設内で業務を行っている。さらに青少年は月曜から木曜午前まで寄宿舎で共同生活をし、プログラム活動や体験学習等を行っているため、施設利用者が施設内に滞在している期間の工事は特に配慮が求められる。

4. 課題に対する対応と評価

(1) 施工手順の合理化（課題1に対する対応）

工事を効率よく進めるうえで、施工手順の合理化は重要である。今回の工事では図-3のように、同一工種の工事を途切れることなく行うことで、継続的に職人を確保し、工事の効率化を図った。また、施設の行事等で工事を行えない棟が生じた場合でも、他の棟で工事ができるよう、2以上の棟で工事を並行して行うこととした。

(2) 施工方法の早期決定（課題1に対する対応）

施設の各建物は屋根・外壁の仕様が同じであるため、最初に工事する棟で施工方法を決定すれば2番目以降の棟の工事が合理的に行える。ここで、体育館が他の建物とは離れて建築されていることから、施設利用者と工事関係者の干渉が少ないことに着目し、体育館を最初に工事する棟とし、試験的に施工方法の検討を行った。検討した項目を示す。

1) 外壁下地処理の工法検討

建物の印象を決定づける外壁塗装は精度の高い施工が求められる。塗装仕上げの場合、仕上げの厚みが少ないため、外壁補修部分の下地処理が重要である。体育館の壁において試験的に①C-1（ローラー塗）、②パテ処理（外壁補修部のみ）、③素地調整のみ（既存下地再利用）

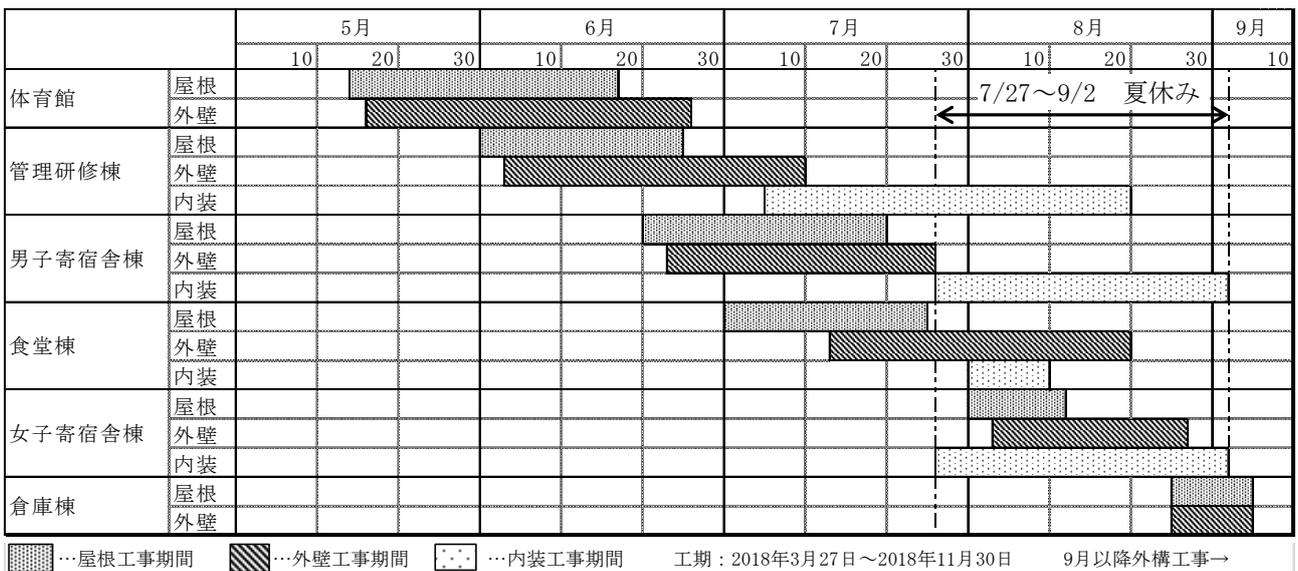


図-3 工事手順

とした下地処理を行ったところ、一番仕上がりがよい②パテ処理（外壁補修部のみ）（図-4）を採用した。

2) 屋根改修の施工方法の検討

屋根の仕上材撤去後は防水機能が低下するため、施工中の雨漏りに配慮し、解体から新設まで1日で完了できる範囲を施工することとした（図-5）。これにより、防水機能が低下している屋根解体後の期間が短くなり、養生の工程を省略することができた。この方法は平形スレート屋根であったため、可能になった面があるが、体育館の工事中に雨漏りはなく、次の棟以降も採用した。

(3) 平日と休日における工事内容のすみ分け

（課題2に対する対応）

本工事では、施設利用者が施設にいない休日に工事（特に内装工事）を集中させ、施設利用者への影響が少なくなるよう対応した。一方、休日工事のみでは工期内の完成が困難となるため、施設利用者の活動範囲と工事範囲の干渉が少ない外部改修を平日に行うことで対応した。

表-1 に曜日ごとに分類した1日の作業人数を示す。月曜日～金曜日を「平日」に分類し、土曜日及び夏休み

は「休日」に分類した。表中の「1日の作業人数の平均」は作業人数を日数で除した値である。表より、本工事の作業日数の合計は113日、作業人数は延べ1362人であった。ただし、日曜日及び祝日は工事が休みになるため検討から除外している。

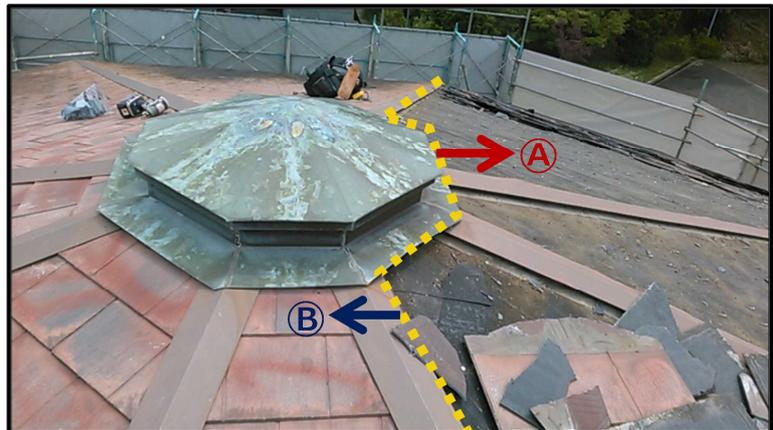
平日と休日の「1日の作業人数の平均」に着目すると休日の方が多く、特に内装工事においてその傾向が顕著である。内装工事は施設利用者と工事関係者の干渉が大きい工事になると考え、休日に工事を集中させた。

一方で屋根工事と外壁工事の「1日の作業人数の平均」に着目すると、平日と休日において大きな差はみられないことから、屋根工事と外壁工事については、平日にも工事を行うことで工期内の完成を迎えられるよう対応している。これらのことから、工事の干渉が少なくなるよう、平日と休日の工事内容のすみ分けを行った。

今回は、休日作業を行うにあたり、事前に現地職員と調整し、勤務シフトの変更を行っていただく等、協力体制を築くことで工事を行えた。今後同様の工事で、休日作業を行う場合においても、現地職員の協力が不可欠であると考えられる。



図4 外壁補修部分の下処理（パテ処理）



A:本日中施工範囲 B:翌日以降施工範囲

図5 屋根改修の施工状況

表-1 曜日ごとに分類した1日の作業人数

月	日数（日）	作業人数（人）	1日の作業人数の平均（人）			
			平日 (夏休み除く)	休日 (土、夏休み)	うち、	
月	13	159	12.2	10.2	うち、	屋根 2.9人
火	14	162	11.6			外壁 3.7人
水	14	93	6.6			内装 0.1人
木	14	153	10.9			足場 1.9人
金	13	129	9.9			その他 1.7人
土	13	174	13.4	14.8	うち、	屋根 2.4人
夏休み	32	492	15.4			外壁 3.8人
						内装 3.1人
						足場 2.2人
						その他 3.3人
合計	113	1362	12.1			

(4) 課題対応の考察及び評価

1) 課題1の対応による考察

同一工種の工事を途切れることなく行ったことから、継続的に職人を確保することができ、同様の工事内容を繰り返すことで職人の熟練度も上がり、効率よく工事が行えた。

また、体育館で施工方法を早期に決定したことで、2番目以降に工事する棟で、材料の手配や施工の段取りがスムーズに行えた。

2) 課題2の対応による考察

平日と休日で工事内容をすみ分けることで、施設利用者の活動範囲と工事範囲の干渉を少なくし、現地職員との調整不足による事故や工事の中断はなく、スムーズに工事が行えた。

3) 課題対応の評価

工事は事故もなく、当初想定していた工期より約1ヶ月短縮できたことから、青少年の生活環境、職員の執務環境への影響が少なくなっているため、評価できる。

5. 工事に関するアンケート結果と考察

各種工事の課題に対して十分に対応できていたか客観的な検討が必要と考え、現地職員に対して工事完了後にアンケートを行い、29名中26名の職員から回答が得られた。

アンケート項目を表-2に示す。本論では「問3 工事の感想・評価」、「問4 良かった点」、「問5 不便に感じた点」の回答結果から、工事の課題対応が十分であったか考察する。また、「問6 特に嬉しかった改修内容」、「問7 改修してほしい内容」の回答結果から、現地職員の満足の得られる工事の内容について考察する。

表-2 アンケート項目

	質問項目	回答方法	選択肢
問1	回答者の職種	選択回答	教務課職員 教務課職員以外
問2	施設勤続年数	選択回答	1年目 2年目 3年目以上
問3	工事の感想・評価	選択回答※1	騒音 振動 安全面 出来映え 工事全体の感想 の5項目
問4	良かった点	記述式	
問5	不便に感じた点	記述式	
問6	特に嬉しかった改修内容	選択回答※2	屋根 外壁 寄宿舎の浴室 など11項目
問7	改修してほしい内容	記述式	
問8	自由記述	記述式	

※1 5段階評価 ※2 3つまで複数回答可

(1) 工事の感想及び評価の検証

図-6に工事の感想及び評価のアンケート結果を示す。図より、5項目のうち4項目で「良い」「大変良い」と回答した人が過半数を超えていることから、工事の課題対応について一定の評価ができる。一方で、騒音の評価は他の項目よりも低く、記述式で「個別面接時に騒音が気になった」という回答があった。職員は主に管理研修棟で活動しているが、今回は管理研修棟の外部改修は平日に行われていたことにより、騒音が気になったと思われる。

(2) 特に嬉しかった改修内容の検証

図-7に特に嬉しかった改修内容のアンケート結果を示す。図より、特に嬉しかった改修内容は「外壁」と回答した人が最も多く、過半数を超えている。この結果から外壁下地処理工法の検討を行ったことによる、精度の高い施工内容について評価できる。

内装改修に関する項目に着目すると、「管理研修棟の部屋」「寄宿舎の浴室」と回答した人に比べ、「寄宿舎の部屋」と回答した人は少なかった。これは、「管理研

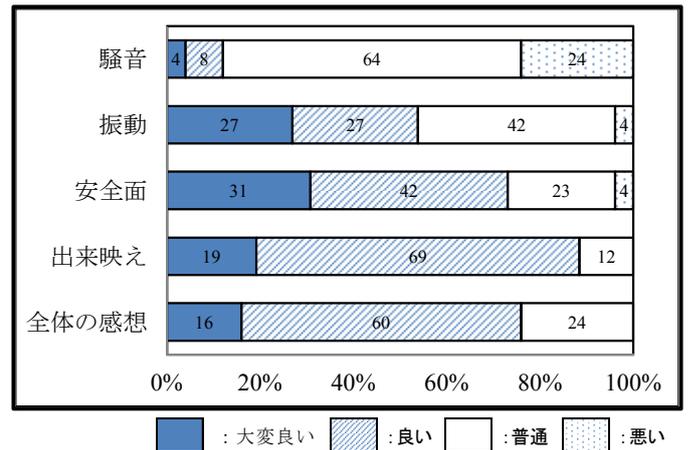


図-6 工事の感想及び評価

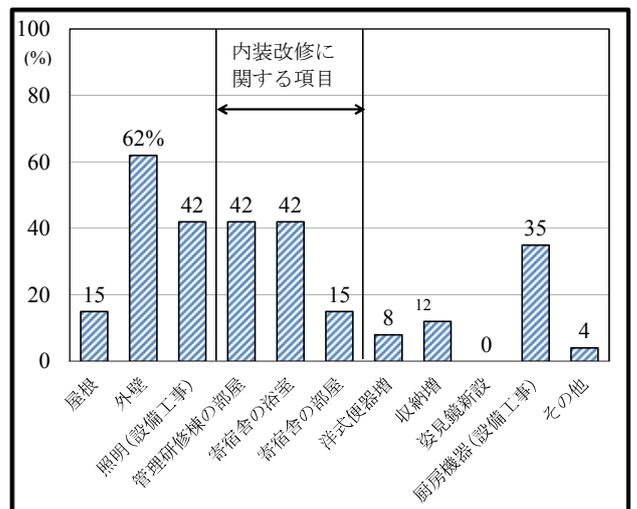


図-7 特に嬉しかった改修内容

修棟の部屋」や「寄宿舍の浴室」が床、壁、天井を全面改修したのに対して、「寄宿舍の部屋」は劣化の激しかったカーテン、畳を更新したのみで床や壁、天井の改修は行っていないことが理由と考えられる。記述式でも「寄宿舍の壁紙を改善してほしい」という回答があった。このように普段から使用頻度の高い部屋を改修することが現地職員の満足の得られる工事になると考える。

6. アンケート結果から得られる今後の課題と考察

(1) 騒音対策における課題と考察

今回の工事では、外部改修は平日の施設利用者が活動している時間に工事を行うことになったため、騒音対策に課題が残る結果となった。外部改修で騒音の発生を完全になくすことは難しいが、工事にかかる前に現地職員に対して、騒音の種類を事前に説明しておく必要があると考える。

(2) 内装改修の工事範囲における課題と考察

現地職員の満足度を上げるには、寄宿舍の壁紙のように、普段から使用頻度の高い部屋の全面改修を行うことが効果的と考える。一方で、使用頻度の高い部屋で工事を行うには、調整事項が多くなり、今回のような工期や予算が限定されている計画修繕工事（請負工事）の中で行くと、計画修繕工事で本来行わなくてはならない「予防的・保全的な修繕工事」が行えなくなる可能性がある。

このように内装改修の工事範囲をどこまで含めるべきかは今後の課題であるが、同質同材で修繕する内装改修は、技術的な検討事項は少なく、1か所あたりの工事費も少額であることが多いことから、現地の経年予算の中で執行する方法が適切と考える。

7. まとめ

(1) 課題対応について

本論では、執務並行改修となる工事を「①工事の長期化」、「②施設利用者の活動範囲と工事範囲の干渉」という2つの課題について検討し、対応を行った。

「①工事の長期化」の課題は施工手順の合理化、施工手順の早期決定を行い、「②施設利用者の活動範囲と工事範囲の干渉」の課題は平日と休日における工事内容のすみ分けを行うことで対応した。

これらの対応により工期の短縮化が図れ、現地職員のアンケート結果からも一定の評価を受けることができた。

(2) 今後の課題について

現地職員に対して行ったアンケート結果から、「①騒音対策」、「②内装改修の工事範囲」は今後の課題として残った。

「①騒音対策」は事前に現地職員に対して騒音の種類を説明すること、「②内装改修の工事範囲」は現地の経年予算の中で執行することを考察した。これらの課題対応が適切か今後検討する必要があるが、いずれにせよ、現地の状況にあわせた対応が重要である。

(3) おわりに

県有施設は継続的に施設運営する必要があるため、執務並行改修となることが多く、現地の状況にあわせた対応が求められる。今後本格化する計画修繕工事であるが、今回のような事例を共有し、対応策を検討することで同様の工事の円滑化につながると考える。

技術提案交渉方式 名塩道路城山トンネル工事 の取り組みについて

中野 陽平

近畿地方整備局 兵庫国道事務所 工務第一課 (〒650-0042兵庫県神戸市中央区波止場町3番11号)

一般国道176号名塩道路事業の4車線化事業のうち城山トンネル区間は、現道に隣接する急傾斜地内にある旧JR隧道や関西電力鉄塔、JR福知山線に配慮し、トンネル工事及び切土法面工を行う計画事業である。特殊な条件下での工事の仕様を確定させるため、「技術提案交渉方式(技術協力・施工タイプ ECI方式)」を活用し、発注者・設計者・優先交渉権者(施工者)が技術的な課題を解決し、工事契約に向け取り組んだ内容と成果を報告する。

キーワード 技術提案交渉方式, 優先交渉権者, トンネル工事, 専門部会

1. はじめに

一般国道176号名塩道路事業は、交通混雑の緩和、交通安全の確保等を目的に現道拡幅を主体とした4車線化の事業である。

城山トンネル区間は、現道の北側に武庫川、南側には狭隘な急傾斜地を挟んでJR福知山線、また急傾斜地の頂上部に関西電力鉄塔を有するため、急傾斜地を切り開いての4車線拡幅が困難なことから、上り(三田行き)車線は地山改変が最小となるようトンネル構造を計画している(図-1, 図-2)。

また、現道部は急傾斜地斜面を有し、多数の亀裂や転石を有することから、異常気象時通行規制区間に指定されており、下り(宝塚行き)車線の整備にあたっては、本トンネル構築後に上り交通を切り替えた後、トンネルの影響範囲内において法面对策を含む長大法面の切土工事で現道拡幅改良を行う計画である。

切土工事区間の大部分がトンネル構造の影響範囲内であるため、切土工事にあたっては、地山状態の安定、トンネル支保工及びトンネル覆工の施工時の状況、内空断面の変位状況などのトンネル施工時の情報を十分把握しておく必要がある。また、切土施工時にトンネル覆工コンクリート等に変状が発生した場合には、把握していたトンネル施工時の情報を十分に考慮した上でその原因を分析し対応する必要がある。このような状況下において、トンネル工事と長大法面の切土工事の実施にあたっては、切土時の変状影響を最小限とした経済的なトンネル本体設計ならびにトンネルへの影響が最小限となるような切土施工が求められることから、トンネル工事と切土工事

は一体的な工事として実施する必要がある。加えて、トンネル及び切土施工時には、急傾斜地内に存在する旧JR隧道との干渉及び交通量23,000台/日の現道交通、JR福知山線ならびに関西電力鉄塔に対し影響を最小限とする確実に経済的な施工方法を決定することが容易ではなく、一般国道176号名塩道路事業の中で技術的難易度が高い業務と考えられた。



図-1 平面図

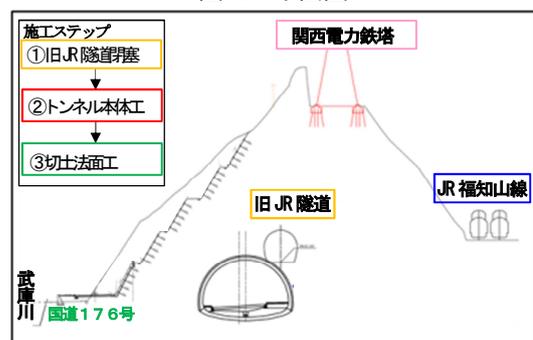


図-2 計画断面図

2. 名塩道路城山トンネル工事に係る契約者の選定経緯

(1)契約タイプの選定方法

トンネル及び切土法面の施工においては、トンネルに近接した旧 JR 隧道の影響(隧道の閉塞及び背面の空洞充填、ゆるみ抑制)、トンネルに近接した JR 福知山線の軌道への影響、トンネル上部の関西電力鉄塔への影響、トンネル供用後に施工する切土法面工事によるトンネル本体構造への偏土圧の影響等が懸念された。

このように、特殊な状況下においてトンネル及び切土法面工事を発注する際の「仕様の前提となる条件の確定」を確実にする為には、施工者の優れた技術、経験を取り入れなければ、経済的かつ安全で円滑な施工が難しいと判断し、工事の発注方式として技術提案交渉方式を適用した。

なお、技術提案交渉方式の契約タイプの選定に際しては、課題事項等に対する仕様が確定していないことから、施工者の技術、経験に基づく目的物の品質・性能が発注者にとって過剰な品質で高価格となる恐れがある。このため、別契約の設計者(コンサルタント)の技術等を活用的確な判断ができる体制を確保したうえで、参加者から提出される技術提案書に基づいて選定された優先交渉権者と技術協力業務を締結し、設計者が行う設計業務に提案内容を反映させ、仕様の前提条件を確定した後に価格等の交渉を行い施工の契約を締結する「技術協力・施工タイプ (ECI 方式)」を適用することが妥当と判断した。

(2)後工事の随意契約

トンネル工事と切土法面工事は、前述のとおり一体的な工事であるべきだが、合算工期が国債支出年限(最長5年)を超過することから切土工事を後工事として随意契約にて実施することとした。

(3)参考額の揭示

技術提案交渉方式では、技術協力業務の参加者により提案された目的物の品質・性能や価格等に大きなバラツキがある場合、発注者がその内容の適切な評価が困難であると想定される。そのため、目的物の品質・性能のレベルの目安として、参考額を設定した。

具体的には、工事の仕様の確定に必要な技術協力業務の規模は600万円程度(税込み)、工事の規模は後工事を除き19億円程度(税込み)を想定していることを公示文に提示した。

(4)優先交渉権者選定から契約への流れ

公共工事の品質確保の促進に関する法律(以下、「品確法」という)第18条第2項に基づき、中立かつ公正な審査を行うため、近畿地方整備局総合評価委員会の定める

ところにより、表-1の通り各技術分野を専門とする学識経験者3名を中心に「名塩道路城山トンネル工事における技術提案交渉方式の専門部会」(以下、「専門部会」という)を設置した。この部会では工事内容、契約手続き方法の適用性、技術提案内容、技術審査及び技術評価の結果並びに技術評価点順位の妥当性、優先交渉権者との価格交渉内容及び結果の妥当性、価格等交渉成立の判断、公表内容について意見聴取を行った。なお、専門部会は非公開とした。また、優先交渉権者選定から契約締結までの流れは図-3の通りである。

3. 技術提案を踏まえた優先交渉権者の選定

(1)技術提案のテーマ設定

競争参加者に求める技術提案については、技術提案評価項目(テーマ)及び評価基準と配点等を第1回専門部会で確認し、表-2の通りとした。

表-1 学識経験者一覧

氏名(五十音順)	所属・役職	専攻
飯塚 敦	神戸大学 都市安全研究センター 教授 (近畿地方整備局 総合評価委員)	地盤工学
大西 有三	京都大学 名誉教授 (近畿地方整備局 総合評価委員長)	地盤工学
真下 英人	(一社)日本建設機械施工協会 施工技術総合研究所 所長	地盤工学 (トンネル)

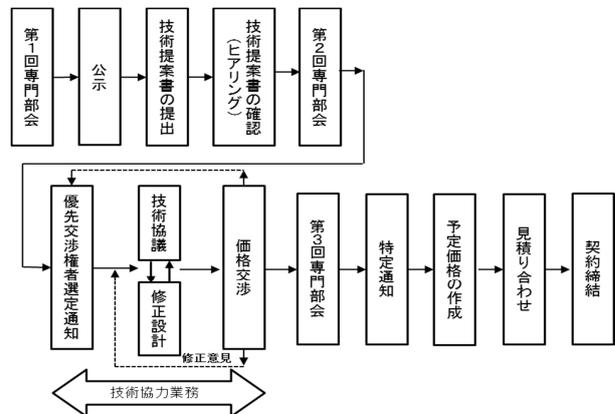


図-3 契約者決定の流れ

表-2 技術提案評価項目(テーマ)

評価項目		評価基準	配点
技術提案	技術協力業務に 関する提案	①技術協力業務の実施に関する提案	理解度 10点 ※5段階評価とする
			実施手順 及び 実施体制 10点 ※5段階評価とする
	主たる事業課題 に関する提案	②トンネル及び切土法面の施工時において、地山安定に配慮した施工方法の提案能力 ※4提案を上限	的確性 20点 ※5段階評価とする
			実現性 20点 ※5段階評価とする
	不測の事態 対応力 の想	③リスクを想定した現場管理における提案能力 ※2提案を上限	的確性 10点 ※5段階評価とする
			実現性 10点 ※5段階評価とする
合計			80点

技術提案のテーマ②③を「提案能力」としているのは、技術提案交渉方式では通常の総合評価落札方式と異なり仕様の確定が困難であることから、具体的な対応策ではなく、課題の抽出と対応策を論理的に示す能力が重要と考え、評価基準の記載についてもそのような表現にしている。技術提案書は7社から受領し、提出があった7者に対してヒアリングを行い、技術提案内容及び前提条件、適用条件、検証内容等を確認した。

(2)技術審査

技術提案書について、技術審査結果(案)を第2回専門部会に報告し、技術審査結果の妥当性が確認された。その確認を踏まえ、入札・契約手続運営委員会にて技術審査結果及び優先交渉権者、次順位以下の交渉権者を決定し、1位順位者である優先交渉権者と技術協力業務を契約した。

技術提案の評価については、原則として提案ごとに現地条件等を踏まえ、技術提案の工夫による効果において的確性と実現性により評価した。

4. 技術協力業務

技術協力業務の工期は、2018年9月4日から2019年2月28日まで(約6ヶ月)とし、工期内で工事の仕様を確定するための修正設計内容に基づいて価格等交渉のための工事費の積算を行った。

本件工事の規模は公示文に「19億円程度(税込み)を想定」と記載し、競争参加者に技術提案を求めた。しかし、技術提案に履行義務がない為、価格の精査がなされておらず、設計への反映にあたっては、工事規模(予算)を踏まえた技術提案の「スクリーニング」、「コスト削減」が必要と考えた。一方で「将来維持管理への配慮」にも着目し、当初設計並びに当初提案技術のブラッシュアップを実施した。

課題達成には、3者間での情報共有と協働体制の構築が重要となる。このため、優先交渉権者との契約締結後直ちに、発注者・設計者・優先交渉権者で合同現地確認を行い、現地条件と課題を共有した。さらに、技術協力業

務における発注者・設計者・優先交渉権者が果たすべき役割については初回協議時に議論し、表-3のとおり役割分担協議を行い、合意結果を議事録に明記し決定した。また、設計及び施工上の課題に関する協議事項や設計スケジュールを定期的に把握するため、発注者・設計者・優先交渉権者で毎月1回調整会議を開催し、各者の役割における課題等について議論し方針等を確認することとした。

当該事業を完遂するにあたっては、「国道176号」、「JR福知山線」、「関西電力鉄塔」の各施設に対し、トンネル工事及び切土法面工事による変動挙動を設計段階から高い精度で予測するとともに、施工時には、情報化施工により各施設管理機関との事前協議に基づく制約条件を確実に管理していくことが求められた。

この為、業務開始時より、確定要素を随時反映し、CIMモデルの作成を行い、地質状況の反映及び計画構造物と既存近接構造物について干渉の確認を行った(図-4、図-5)。変位予測にあたっては、CIMモデルを用いた3次元FEM解析により、本トンネル計画地山の特徴である低土被り変圧地形下におけるトンネル掘削及び切土の影響の予測を行った。これら追加調査結果を踏まえた解析結果等は、各施設管理者との関係機関協議において活用した。

表-3 設計の役割分担

項目	発注者	優先交渉権者	設計者
優先交渉権者の技術提案	・技術提案の適用可否の判断及び設計者への指示 ・有識者ヒアリング	・工事規模(価格)を踏まえた技術提案のスクリーニング ・評価した技術提案に関する技術情報(機能・性能、適用条件、コスト情報等)の提出	・技術提案のブラッシュアップ検討
設計の実施	・設計条件の提示 ・新技術活用検討(近畿技術事務所) ・将来維持管理への配慮検討	・技術提案部分を含めた設計の確認・照査 ・設計の課題整理及び改善に向けた追加提案 ・施工計画の作成 ・仮設工設計(切土法面の乗込み鉄橋、落石防護) ・コスト削減提案に対する施工の実現可能性の検討(実施を前提)	・技術提案の設計への反映 ・CIMモデル作成(施工時への活用を協議し作成) ・3次元FEM解析(施工時への活用を協議し作成) ・コスト削減提案 ・関係機関協議結果の設計への反映 ・設計計算、設計図作成、数量計算等の実施 ・施工計画と設計の整合性確認
工事費用の管理	・優先交渉権者への見積依頼 ・見積りの検証(見積根拠の妥当性確認、積算基準との比較等) ・全体工事費の確認	・見積り・見積条件・根拠の作成 ・全体工事費の算定	・見積条件と設計の整合性確認 ・見積り、全体工事費の把握
事業工程の検討	・全体事業工程の作成・管理	・発注者要求を踏まえた工事工程の検討(週休2日対応)	・工事契約を見据えた修正設計の工程管理
関係機関協議	・関係機関との調整	・打合せ・協議への参加、必要資料作成	・打合せ・協議への参加、必要資料作成
専門部会	・専門部会資料の作成	-	・専門部会資料の作成補助

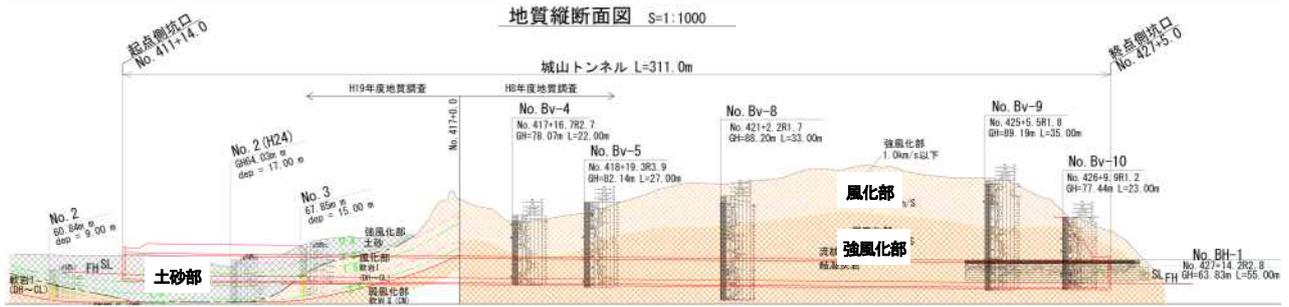


図-4 地質縦断面図

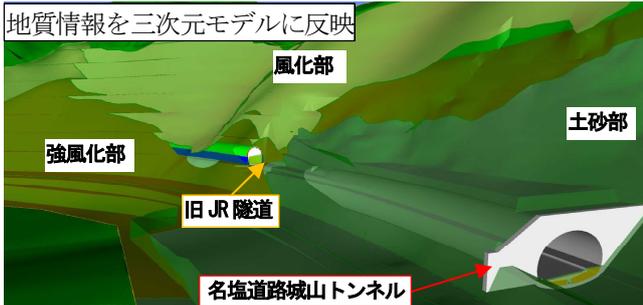


図-5 CIMモデル (地盤情報反映)

なお、トンネル施工時に配慮すべき周辺への環境対策や安全対策に関する住民説明には優先交渉権者が発注者と同行し、技術・経験を踏まえた説明を行うことで、円滑に現場着手に対する承諾を得ることができた。

また、本件の事業課題である旧JR隧道の閉塞方法や切土工事の施工方法、及びリスクを想定した計測管理等の仕様の確定は、発注者・設計者・優先交渉権者による合同現地確認での意見交換時、地質調査結果の意見交換時、CIMモデルを活用した問題抽出時にリスクを洗い出したうえで、優先交渉権者の提案をさらにブラッシュアップし、表-4の通り設計及び価格に反映した。

さらに、CIMモデルの活用及び3次元FEM解析に基づく覆工コンクリートの薄肉化、補助工法範囲の削減等のコスト縮減提案(表-5)については、学識経験者に施工上問題がないことを確認した上で、優先交渉権者が技術・経験を踏まえて実現可能と判断し、設計及び価格に反映した。

表-4 ブラッシュアップ結果一覧表

①旧JR隧道への緩み抑制対策	
当初	修正
<ul style="list-style-type: none"> ・充填性を考慮し、バラストを撤去を行う。 ・煉瓦積みにも隙間が多く、充填性と圧送性が優れているエアミルクを採用 ・計画トンネル掘削時に分離構造である。アーチ部・側壁部にロックボルトを打設 	
②防災機能向上による法面構造の変更	
当初	修正
<ul style="list-style-type: none"> ・切土により法面上部が更に急峻となり将来的に不安定化する恐れがある為、頂部平切りカットを行った。 	
③表面緑化可能な切土法面の風化防止対策	
当初	修正
<ul style="list-style-type: none"> ・地元からの緑化要望があった為、試験施工により施工担保が取れば、ジオファイバー工を採用する。 ・独立受圧板によるアンカー、鉄筋挿入の逆巻き工法により、小規模での崩壊を抑制 	
④施工時における国道176号への落石対策	
当初	修正
<ul style="list-style-type: none"> ・切頂部の平切りに、JR側への落石が懸念される為、斜面中に防護柵を設置 ・高所での切土作業が発生する為、大型の防護柵が必要な事から、仮橋に鋼矢板専用工具を用いる事で、短期での設置可能である為、仮橋に設置 ・切土時の下り線本線に対する落石対策として、現道沿いにL型ガードを設置 	

表-5 コスト縮減結果一覧表

当初	修正
<p>長尺鋼管先受け工(120°) 注入式7φ76^h-リング(L=3m@0.6m,3φ7) 長尺鉄ボルト(l=12.5m@1.5m) 覆工厚50cm 鏡吹付け(t=100) 一次インバート(t=250)</p>	<p>長尺鋼管先受け工(90~120°) 注入式7φ76^h-リング(L=3m@0.6m,3φ7) 鏡吹付け(C地山30mm D地山50mm) 一次インバート(t=250+H+200) 覆工厚40cm</p>
<p>① 隧道交差区間におけるAGF打設範囲調整(AGF打設範囲120°→90°)</p> <p>・旧JR隧道は本計画トンネルに斜行する形となっており、AGFを標準範囲(120°)で打設すると、補強が不要な良好な地山への打設が発生してしまう為、打設範囲を優先交渉権者への確認を行った後、打設範囲を120°から隧道交差位置に合わせて90°に変更を行い、コスト縮減を図った。</p>	
<p>② 覆工厚の薄肉化(覆工厚50cm→40cm)</p> <p>・3次元FEM解析を用いた覆工構造計算結果を踏まえ、最小厚の500mmの場合、許容応力度に対し大きな余裕があり、加えて、優先交渉権者に覆工厚40cmの施工実績がある事から覆工厚50cmから40cmへの変更を行いコスト縮減を図った。</p>	



図-6 城山トンネル事業完成イメージ (VRデータ)

これらの設計仕様は、手戻りが生じないよう仕様確定の主要な段階で専門委員へ意見聴取しながら進めた。

設計段階で作成したCIMモデル及び3次元FEM解析モデルは、優先交渉権者による施工段階での活用課題を取り込んだ上で作成し、施工時における計測・解析・対策へのフィードバック、工事中の施工品質の向上、出来高管理へ活用できるように引き継げるものとした。

また、城山トンネル事業の完成イメージは、図-6の通りである。

5. 技術協議及び価格等の交渉

設計の進捗に応じて優先交渉権者と施工方法等の確認を随時行った。技術協議は、施工方法等の確認結果を踏まえて、近畿地方整備局において土木工事工事費積算要領等と、優先交渉権者から提出された工事費算出の根拠となる資料(構造・施工方法の内容、工事費内訳書における施工条件等)を精査し、双方の積算条件を確認した。技術協議を通じて、工事費算出の根拠となる資料の見直しの機会を設けるとともに、協議において、工事費内訳書の内容を変更する場合は、適宜その時点の工事費算出の根拠となる資料の提出を依頼した。

価格等の交渉は、優先交渉権者と最終的な施工方法等の確認を行い、価格等の協議を開始し、歩掛見積り等の妥当性の確認を行った。最後に優先交渉権者から提出された見積書等を用いて構造・施工方法の内容、施工条件等を確認し、双方の積算条件に相違がないことに加え、見積書の総額の妥当性を確認し価格等交渉を完了した。

なお、施工時の条件変更において、施工時に強固な岩盤が発生した等の想定できる条件変更については、発注者・設計者・優先交渉権者で事前に確認を行い、変更が生じることが考えられるものに関して特記仕様書に条件明示をした上で、設計変更の対象とすることとした。

6. まとめ

本件で適用した技術提案交渉方式「技術協力・施工タイプ ECI方式」の適用効果として以下の点が挙げられる。

- ① 優先交渉権者の経験・知識を踏まえた当初設計の調査が可能となった。
- ② 関係機関協議、地元説明等において、設計者及び優先交渉権者が発注者と同行する事により、CIMモデルの活用や具体的な対応策等を示すことが可能となり合意形成が円滑に進んだ。
- ③ 学識経験者へ意見聴取ができる体制の構築が可能となり、高度な技術的課題であっても、学識経験者の意見を踏まえた適切な設計を実施することができた。

また、技術協力業務を進める中で円滑に業務を進めるために優先交渉権者の選定前に、以下の点に留意した。

- ① 価格交渉で大きな相違がないよう、事前に想定される技術提案を考慮した高い精度での積算成果を所持した。
- ② 設計を円滑に実施するにあたっては、技術提案交渉方式を熟知した設計者を確保するため、本件では、プロポーザル方式で適切なテーマを設定し技術者を確保した。
- ③ 技術提案や将来維持管理への配慮に伴う工事費の増額を見据え、当初設計に対するコスト縮減検討を事前に設計者に指示を行ったうえで、技術協力業務に臨んだ。

さらに、技術協力業務締結後において、以下の点に留意した。

- ① 3者での情報共有と協働体制の構築が重要となるため、直ちに合同現地確認を行い、現地条件と課題等を共有した。
- ② 価格等交渉を円滑に進めるため、優先交渉権者が提案した技術提案を自らスクリーニングし、必要性の高い提案のみを採用する方針とした。また、優先交渉権者が当初設計に加えて実施したい対策(提案含む)は、必要性を優先交渉権者が中心となって整理

を行った。

- ③設計進捗会議を月1回開催し、課題及び設計スケジュールの共有を行った。

本件の取り組みを通じて、技術提案交渉方式を活用し設計を実施するにあたっての改善点として、以下の内容を求めたい。

- ①優先交渉権者選定にあたり、評価手法が定まっていないため、効率的かつ円滑に評価するためには、ある程度の評価手法をマニュアル化することが必要である。また、競争参加者から提出のあった技術提案の評価については、説明書により「技術提案書に記載された内容で評価する」としたが、技術提案に

対するヒアリングにより受発注者の認識に相違がある可能性もあることから、ヒアリング結果も一定程度の評価ができれば良いと考える。

- ②設計内容に応じて技術協力業務の適切な工期設定を行う必要がある。
- ③工事の予定価格を積算するにあたり、見積もりが1者対応となるため、工事契約後に見積もりの妥当性を検証する仕組みを構築することが必要である。
- ④施工時に設計変更を伴う事象が発生した場合に、設計変更が妥当であるかの審査に設計コンサルタントが第三者として関与できる体制の構築が望ましい。

管路更生工法による農業用管水路の 水理機能への影響

荒木 将人¹

¹近畿農政局 亀岡中部農地整備事業所 工事課 (〒621-0805京都府亀岡市安町野々神31-5)

本論文は、農林水産省において推進している農業水利施設におけるストックマネジメントにかかる取り組みにおいて、実施上の課題となっている農業用管水路に対する補修工法施工時における水理機能への影響について、工事実施後の水路における実測及び損失の算出方法の検討を行い、これらの検証を行ったものである。

キーワード スtockマネジメント, 管路更正工法, 水理損失

1. はじめに

現在、農林水産省では施設の有効活用や長寿命化によりライフサイクルコストの低減を図るストックマネジメントの取り組みを推進している。このため、農業用施設の更新にあたっては、従来までの深刻な機能低下が起ってから再建設するといった対応のみでなく、施設機能診断による健全度評価に応じて補修・補強を行う予防保全的な対応についても検討し、近年ではこのような工法の採用も増えてきている。

本報文は、農業用施設のうち農業用管水路（以下、「農水管」という。）において、主な補修工法の1つである管路更生(反転)工法が農水管の持つ水理機能に及ぼす影響度及びその算出方法について検証を行い、その結果について取りまとめ、考察したものである。

2. 課題の概要

(1) 管路更生（反転）工法の概要

管水路の主な補修・補強工法である管路更生工法は数種類の工法に分類されるが、このうち反転工法は、基材に硬化性樹脂を含浸させた更生材を、空気や水の圧力を利用して既設管内に加圧反転させながら挿入し、既設管内で加圧状態のまま樹脂を硬化させることで更生管を構築するものである。近年では前述のストックマネジメントの取り組みにより、各地で農水管の補修工法としても採用されている。なお、反転工法の施工概要（熱硬化タイプ）の例を図-1に示す。

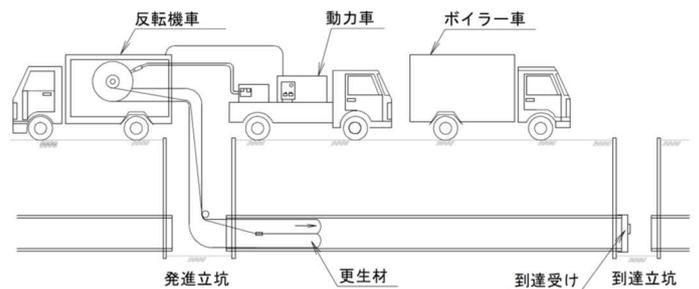


図-1 反転工法（熱硬化タイプ）の施工概要(例)

(2) 農水管に求められる機能と性能

農水管の目的は、必要な農業用水の送・排水であり、その機能は水利用機能、水理機能、構造機能に分類される。また、これらの機能のほかに農業水利施設全般に求められる安全性・信頼性等の社会的機能がある。農水管の性能とは、これらを発揮する能力であり、漏水量、流量、たわみ量等個別の指標や総合的な健全度で表すことが出来る。農水管の機能と性能の例を表-1に示す。

表-1 農水管の機能と性能の種類(例)

機 能		性能の例	指標の例
本来機能	1)水利用機能	水利用に対する性能 送配水性 排水弾力性	送配水効率、自由度、調整容量
	2)水理機能	水理に対する性能 通水性 水理学的安全性	通水量、漏水量、損失水頭
	3)構造機能	構造に対する性能 力学的安全性 耐久性、安定性	管体のひび割れ幅、たわみ量、腐食
社会的機能		安全性・信頼性 経済性	漏水・破損事故歴、補修歴、耐震性、建設費、維持管理費

(3) 反転工法の水理機能上の課題

反転工法は、既設管内に新たな更生管を構築するという特徴から、更生管厚分の通水断面が減少する。また、同工法は下水道の分野で発展してきた工法であることから、マンホール間を直線でつなぐ下水道管に対し、路線間に屈曲部を有することも多い農水管では、この屈曲部において主に曲部の内側にシワが発生することがあり、これによる通水阻害が懸念される。これらのことから、同工法を農水管に採用する場合には、少なからず水理機能に影響を及ぼすものとする。

このうち通水断面の減少については、採用する工法により更生管の厚さが定まり、また各工法の協会等が発行する技術資料に水理計算に使用する係数が示されていることから、これらによりあらかじめ水理損失を想定することが可能である。一方、施工時に発生するシワについては、その発生の有無や程度を予測することは困難であり、また現時点で土地改良事業にかかる各種基準類においてシワの発生による損失の算出方法は定められていない。

3. 検証の概要

前章に記した反転工法の水理機能上の課題に対し、次のような検証を行った。

実際に反転工法を施工した管水路において、任意流量時の上下流分水の水位標高を水準測量により測定し、その水位差を求める。この水位差が同工法施工後の水路に実際に発生している水理損失と考え、これを水理計算により算出した損失水頭と比較する。これによりシワによる損失がどの程度発生しているかを推測する。また、水理計算によるシワによる損失水頭の算出を試み、これを実測水位差と比較することで算出方法の有効性を検証する。

4. 実測水位差の測定

実測水位差は、過去に反転工法を施工した近畿農政局管内A水路において、任意のタイミングで計9回実施した。A水路の諸元は下記のとおりであり、その概要を図-2に示す。

- 更生工法：蒸気硬化式反転工法（材質：樹脂含浸ポリエステル不織布）
- 口径：更生後の内径φ293.6（PC管φ300に反転工法を施工）
- 延長：L=119.646m（○号分水～△号分水間）
- 屈曲部の数：5箇所（曲管角度22.5°～90°）
- 調査時流量：Q=0.046～0.061m³/s、計9回（堰の越流水深から算出）

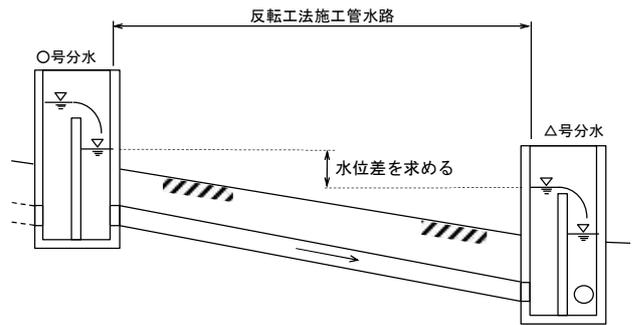


図-2 実測水位差測定の概要

5. 水理計算による損失水頭の算出

(1) シワ以外の水理損失の算出

A水路に生じている水理損失は、管路全延長における摩擦損失、分水工接続部における流入・流出による損失、屈曲部における屈折及び発生したシワによる損失が考えられる。このうちシワ以外の損失水頭は、土地改良事業計画設計基準及び運用・解説設計「パイプライン」に基づき算出した。

a) 管内カメラによるシワの発生状況調査

各々の方法による算出に先立ち、シワの有無やその程度を把握するため、自走式管内カメラによる調査を実施した。調査の結果、5箇所の屈曲部（IP.1～5）すべてにおいて複数のシワが発生していることが確認できた。このシワの程度を定量的に把握するため、カメラの映像から各シワの最大高さ及び面積（通水断面に対する投影面積）、シワの間隔等を計測し、記録した（写真-1）。



写真-1 管内カメラ映像の例

b) シワによる水理損失の算出

次に示す2つの方法によりシワによる損失水頭を算出した。

1つ目の算出方法は、シワの発生による前後の断面変化に着目し、これを急縮・急拡管（図-4、図-5）とみなし損失水頭を算出した。計算には土木学会発行「水理公式集」に掲載されている下記の式を使用し、計算条件は、各屈曲部において発生しているシワのうち、概ね半周程

度以上に及んでいると見られるものを対象とし、そのシワの面積分の急縮・急拡が生じているものとみなし、これを箇所数分計上した。

【急縮による損失】

$$h_{sc} = \left(\frac{1}{C_c} - 1 \right)^2 \frac{V_2^2}{2g} = f_{sc} \frac{V_2^2}{2g} \quad (1)$$

ここに、 h_{sc} ：急縮による損失水頭(m)、 C_c ：縮流係数、 $f_{sc}=[(1/C_c)-1]^2$ ：急縮損失係数、 V_2 ：急縮後の管内流速(m/s)。

表-2 縮流係数 C_c と急縮損失係数 f_{sc}

A_2/A_1	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
C_c	0.61	0.62	0.63	0.65	0.67	0.70	0.73	0.77	0.84	1.00
f_{sc}	0.41	0.38	0.34	0.29	0.24	0.18	0.14	0.09	0.04	0.00

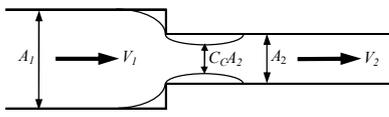


図-3 急縮管

【急拡による損失】

$$h_{se} = \frac{(V_1 - V_2)^2}{2g} = \left(1 - \frac{A_1}{A_2} \right)^2 \frac{V_1^2}{2g} = \left[1 - \left(\frac{D_1}{D_2} \right)^2 \right]^2 \frac{V_1^2}{2g} = f_{se} \frac{V_1^2}{2g} \quad (2)$$

ここに、 h_{se} ：急拡による損失水頭(m)、 $f_{se}=[1-(A_1/A_2)]^2$ ：急拡損失係数、 V_1, V_2 ：急拡前後の管内流速(m/s)、 A_1, A_2 ：急拡前後の管断面積(m²)、 D_1, D_2 ：急拡前後の管径(m)。

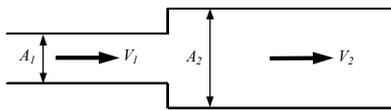


図-4 急拡管

2つ目の算出方法は、農林水産省が実施する官民連携新技術研究開発事業により検討された推定式を使用した。同推定式は、管路更生工法を取り扱う企業等が組織する「一般社団法人日本管路更生工法品質確保協会」が同事業の事業主体となり、試験研究機関である大学との連携により実施した研究開発の一環として行われた水理実験の結果から導き出された概略推定式である(以下、「品確協式」という)。実験は、曲管部に様々なシワを模した突起を設けた透明アクリル管に水を流し、曲管の上下流部に設置したピエゾメーターにより動水位を計測するものであり、得られた水頭差を基にシワによる損失係数及びその計算式が求められている。なお、同式の適用シワ条件は概ね半周程度に及んでいるものを対象としている事から、当検証においても対象とするシワは概ね半周程度に及ぶものを対象とした。

品確協式を下記に示す。

$$hw = fw \frac{v^2}{2g} \quad (3a)$$

$$fw = K \{ \alpha (d/D)^2 + \beta (d/D) \} \quad (3b)$$

$$K = \frac{\gamma (s/D) + \delta}{\gamma (50/300) + \delta} \quad (3c)$$

ここに、 hw ：シワによる損失水頭、 fw ：シワによる損失係数、 K ：シワ間隔補正係数、 $\alpha, \beta, \gamma, \delta$ ：定数(表-3)、 d ：シワ高さ、 s ：シワの間隔、 D ：管径

表-3 縮流係数 C_c と急縮損失係数 f_{sc}

	α	β	γ	δ
90° 曲管	-33.165	16.257	1.6835	1.0135
45° 曲管	-37.45	12.752	0.4950	0.8182
22.5° 曲管	-3.9644	5.0667	0.2560	0.4239

5. 水理計算による損失水頭の算出

(1) 比較検証の実施

比較検証にあたり、4.章において測定した「実測水位差」、シワ以外の損失水頭のみを計上した「シワ無し」、これに前章に示す各方法により算出したシワによる損失水頭をそれぞれ加算した「急縮・急拡式」及び「品確協式」の計4ケースを設定し、これらを計9回の実測時の流量毎に比較した。表-4にはある流量での4ケースの比較結果を示し、図-6には全比較結果を散布図として表したものを示す。

表-4 実測水位差と算出損失水頭との比較例 ($Q=0.051\text{m}^3/\text{s}$)

比較ケース	流量 (m ³ /s)	流速 (m/s)	損失水頭/水位差(m)				計
			摩擦	流入	流出	屈折	
実測水位差	0.051	0.754					0.510
シワ無し			0.195	0.015	0.030	0.029	0.269
急縮・急拡式			0.195	0.015	0.030	0.029	0.294
品確協式			0.195	0.015	0.030	0.029	0.225

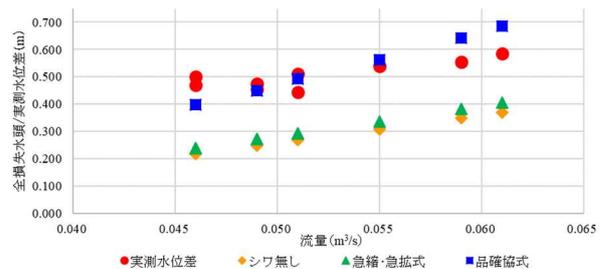


図-5 実測水位差と算出損失水頭との比較 (散布図)

(2) 結果の考察

結果を見ると、「実測水位差」は、シワによる損失を見込まない「シワ無し」と比較すると1.6倍～2.3倍と大きな数値となった。この差がすべてシワによる損失とは断定できないものの、反転工法を施工した当該水路においてシワによる損失が相当量発生しているものと推測する。

「急拡・急縮式」では、算出したシワによる損失水頭は屈折による損失水頭とほぼ同等の値となり、全損失水頭では「シワ無し」とさほど変わらず、「実測水位差」に比べ相当小さい値となった。このことから、同計算方法はシワによる損失を算出するには適さないと考える。

「品確協式」では、算出したシワによる損失水頭は屈折による損失水頭の約8倍もの大きな値となったが、全損失水頭は概ね「実測水位差」に近い値となり、「急縮・急拡式」に比べると事象の再現性は高いといえる。ただし、データの傾向をみると、「実測水位差」は流速（＝流量）の増加に伴い傾きの緩い一次直線的な増加を示すものの、「品確協式」では式の特性上二次曲線的な増加となり、流速の小さい領域では実測より小さな値を示し、ある点（ $0.052\text{m}^3/\text{s}=0.768\text{m/s}$ あたり）を境に実測値を超える値を示している。このことから、更に流速の速い水路においては損失を過大評価してしまうことが懸念される。また、同式が実測値と比較的近い計算結果となった要因として、品確協が実験を行った管路と今回検証を行った管路の口径やシワの形状がほぼ同等であったことも一因であると考えられる。このことか

ら、今後異なる口径の管路での検証も必要である。

3. おわりに

今回の検証結果は管径や延長、屈曲の箇所数等限られた条件下に限定したものであるものの、反転工法の施工により通常想定される以外の損失が発生し、またその影響は小さくないことが確認できた。このことから、屈曲部を含む管路に同工法を採用するにあたっては、シワによる損失を見込むことを検討する必要があると考える。また、今回の検証で実測値と比較的近い計算結果となった品確協式は、発生したシワの調査結果に基づき事後に損失を算出する手法であるため、設計段階であらかじめ損失を見込むことはできない。このことから、今後同工法施工後のシワ発生状況調査を継続し、蓄積したデータから管径や曲率によるシワの発生傾向を把握し、定量化することができれば、同計算式が有効な計算手法となるであろう。

※本論文は、前所属の近畿農政局土地改良技術事務所保全技術課における業務内容を取りまとめたものである。

参考文献

- 1) 農業水利施設の補修・補強工事に関するマニュアル(パイプライン編)(案),農水省,2017
- 2) 管路更生 No.26,日本管路更生工法品質確保協会,pp.21-33,2013
- 3) 水理公式集,土木学会,p.372,1999

水圧変動下での鋼管矢板による 大水深締切について

加藤 達也¹

¹近畿地方整備局 浪速国道事務所 工務課 (〒573-0094 大阪府枚方市南中振3-2-3)

天ヶ瀬ダム再開発事業は既設天ヶ瀬ダムが持つ治水・利水の機能を向上するために、ダムの左岸側に全長617mのトンネル式放流設備を建設する事業である。ダム湖を運用しながら、ダム湖からトンネルへ水を取り入れる流入部を施工する必要があるため、鋼管矢板により締切を行っている。鋼管矢板はダム湖水位（最大水深約40m）による水圧及び水位変動（最大水位差約20m）による圧力変動に耐える必要がある。本報告では、今後の同種事業の参考となるよう、本事業における鋼管矢板締切の補強方法や止水処理など、この課題を解決するために講じた対策を紹介する。

キーワード 締切, 鋼管矢板, 止水, 天ヶ瀬ダム, ダム再生

1. はじめに

厳しい財政状況等の社会経済情勢、洪水・渇水被害の頻発化、既設ダムの有効活用の様々な特長やこれまでの事例の積み重ねによる知見の蓄積、これを支える各種技術の進展等を踏まえれば、ソフト・ハード対策の両面から既設ダムを運用しながら機能向上を図るダム再生の重要性はますます高まっている。

平成30年7月豪雨がきっかけとなってまとめられた「異常豪雨の頻発化に備えたダムの洪水調節機能に関する検討会」（事務局：国土交通省水管理・国土保全局河川環境課流水管理室）の提言においては、ダム再生の推進や加速化を図る施工に係る技術の開発・導入を促進することとされている。天ヶ瀬ダム再開発事業においても、先端的な技術の開発・導入、官民連携した技術開発によりダム再生に取り組んでいる。

2. 天ヶ瀬ダム再開発事業の概要

天ヶ瀬ダムは京都府南部の淀川水系宇治川に位置する昭和39年に完成したダムで、治水・水道用水補給・発電に用いられている多目的ダムである。位置及び集水域を図-1に示す。本事業は、天ヶ瀬ダム下流の宇治川・淀川の洪水調節及び琵琶湖周辺の浸水被害軽減、水道用水の安定供給、発電機能増強を目的として、天ヶ瀬ダムの放流能力を600m³/s増強させるため、ダムの左岸側に

全長617mのトンネル式放流設備（図-2）を建設する事業である。トンネル式放流設備は、流入部、導流部、ゲート室部、減勢池部、吐口部で構成される。そのうち流入部においては、揚水発電や洪水調節等の影響により水位変動が大きいダム湖において、最大水深約40mという厳しい環境下にもかかわらず内径28mという規模で締切を行っており、実績が少ない貴重な施工事例といえる。



図-1 天ヶ瀬ダム集水域図



図-2 トンネル式放流設備のイメージ図

流入部側面図 S=1:500

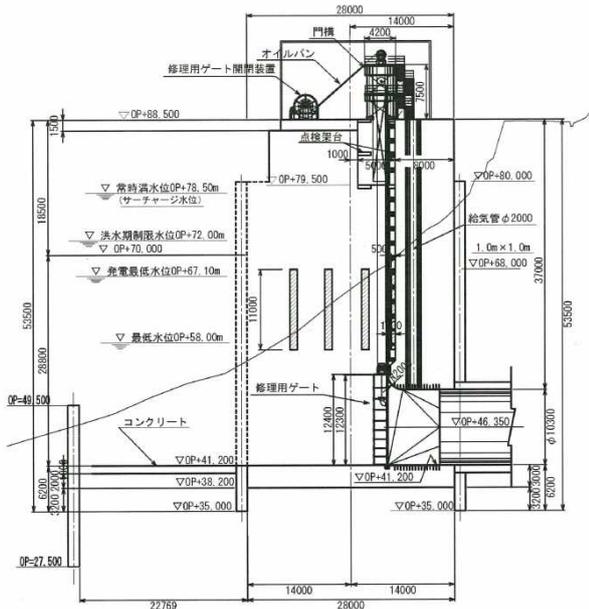


図-3 流入部側面図

そこで本稿では、今後の運用中のダム湖における締切を行う上での参考となるよう、本事業において鋼管矢板締切が水圧及び圧力変動に耐えられるよう設計上の工夫、施工段階で講じた対策を報告する。

3. 流入部建設工事の概要

流入部はトンネル放流設備の最上流部に位置するダム湖からの取水口となるもので、安定してトンネルに水を取り込めるよう最大水深約40mとなる位置にある。側面図を図-3 に示す。流入部本体はコンクリート構造物であり、次のようなステップで構築する。まず、ダム湖上に作業ヤードを確保するための仮設栈橋を設置。岩盤を掘削して砂に置換してから鋼管矢板を打ち込む。岩盤を含む地盤の掘削（掘削土量約17,000 m³）を効率よく行えるように、ダム湖内を締切る。そして縦坑を掘削、流入部本体を構築する。トンネル式放流設備全体が完成後、

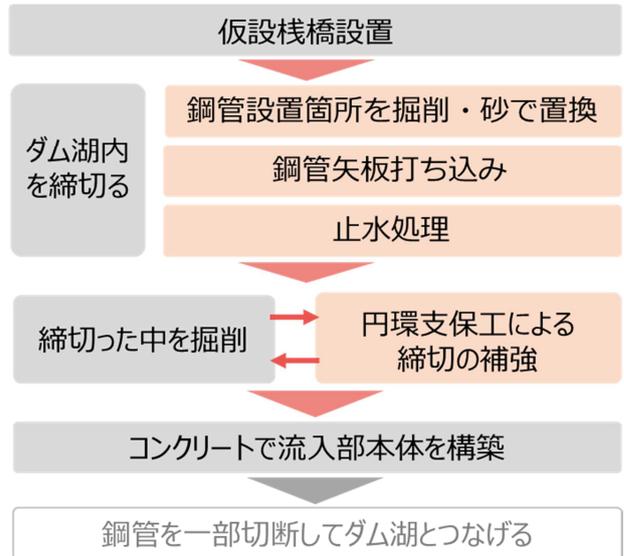


図-4 施工フロー



図-5 流入部の施工状況（平成31年3月）

鋼管矢板を一部切断してトンネルへ通水する。図-4 に施工フローを示す。鋼管矢板は耐震上本体と一体化させることから、撤去は水の呑口として必要な範囲のみとしている。平成31年3月現在、流入部は本体構築まで完了している（図-5）。

4. 設計上の工夫

鋼管矢板締切は運用中のダム貯水池の水圧及び水位変動による圧力に耐える必要がある。締切の方法は、RC連続地中壁工法と鋼管矢板による締切を比較し、施工性・経済性に優れた後者を選定した。本事業では（φ1,500 mm, L=45m）の鋼管53本で円形状に打ち込んで締切を行い、ドライな状況の中で鉛直方向に約40m掘削する。

(1) 貯水池条件と鋼管矢板締切の設計

天ヶ瀬ダムの貯水池運用条件は、最高水位0.P. 78.5 m, 最低水位0.P. 58.0 mであり、最大水位差は約20 mを想定

した。貯水池運用実績（2000年～2009年）を図-6に示す。施工時制限水位を設定して貯水池水位を低減させることで仮設備費用のコスト削減が可能であるが、1ヶ月当たり12.5億円の発電補償が発生することが見込まれたため、本事業では設定できない。

作用する圧力から許容応力度計算を行い、最大部材厚37mmの鋼管矢板を選定した。これは一般的に製造されている鋼管矢板（最大部材厚25mm）の約1.5倍の厚さのものである。鋼管矢板に作用する圧力を支えるため、締切の内側にリング状の支保工（円環支保工）を設置する。円環支保工は締切内を約3～5m掘削するごとに設置する（図-7）。円環支保工に使用したH型鋼は一般に流通する大きさのものでは設計条件を満たせないため、厚さ90mmの鋼板を溶接して製作した。支保工の段数は11段、重量は合計約1,000tにもなる（図-8）。

(2) 鋼管矢板と本体構造物の一体化による耐震性確保

流入部本体のL2地震への対応を考える際に、鋼管矢板の剛性を利用し、経済的な設計とした。コンクリートと鋼管矢板の一体化の方法は、施工性の良さから鉄筋を現場でスタッド溶接する方式を採用した。流入部本体と鋼管矢板を一体化する範囲はシミュレーションによりO.P. 55 m以下と設定した。全体を一体化する案と比べて、初期費用および鋼管の維持管理費用（50年分）の合計で、約2.5億円のコスト削減となる。

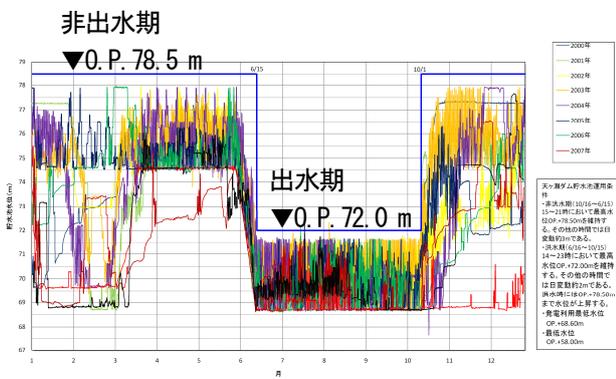


図-6 天ヶ瀬ダム貯水池運用実績



図-7 円環支保工設置の様子

鋼管矢板を本体構造物と一体化させるにあたって、鋼管内側の防食性を高めるためにモルタルによる充填を行った。充填範囲は、一体化範囲と同様にO.P. 55 m以下とした。

(3) 施工時の安全確保のための止水計画

締切内では確実な止水性が求められる。本事業においては、鋼管内カーテングラウチング、継ぎ手モルタル注入、鋼管背面薬液注入を行うことで、止水性を高めている（図-10）。

鋼管内カーテングラウチングは、立坑底盤側からの貯水の浸入を防止する目的で実施する。施工は、鋼管矢板建て込み後、鋼管内より実施した。

継ぎ手には止水モルタルを注入して止水性を高めた。このことは、継ぎ手部のせん断応力に対する強さも向上させている。

流入部締切の鋼管矢板は、全周回転掘削により掘削し、岩盤を砂に置換された孔に建込んでいるため、その砂が水みちとなる恐れがある。そのため、鋼管背面に薬液注入を行った（図-9）。

(4) 円環支保工切断時における課題と対応策

流入部施工の最終ステップとして、鋼管矢板及び円環支保工を切断し、トンネルへダム湖の水を取り入れることとなる。

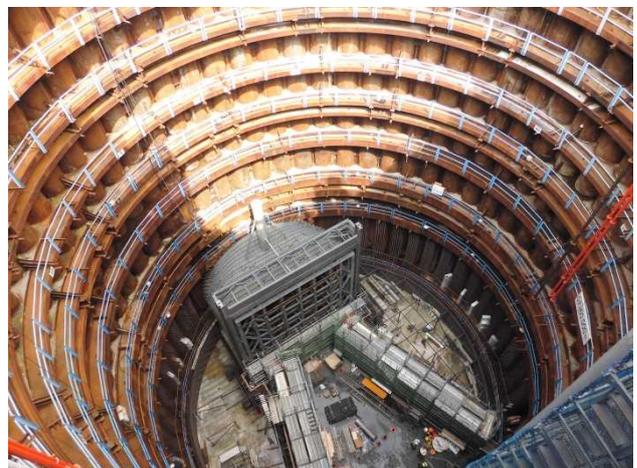


図-8 締切内の様子（平成29年8月）

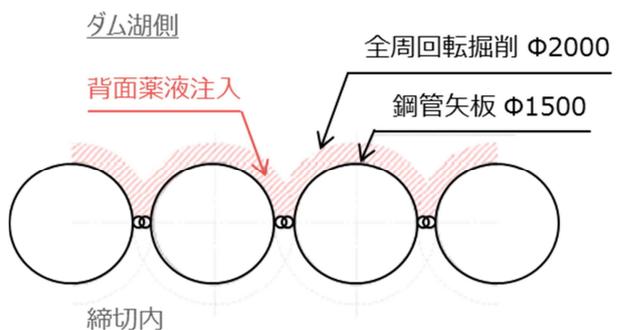


図-9 鋼管背面に薬液注入

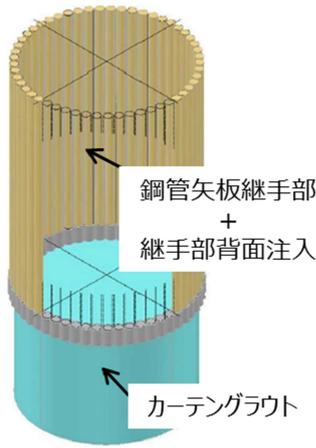


図-10 止水計画図

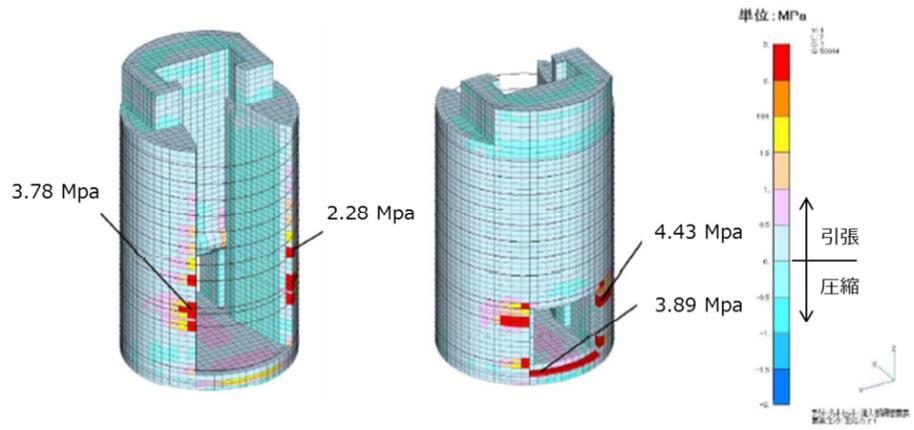


図-11 円管切断時のコンクリートに作用する応力の解析結果

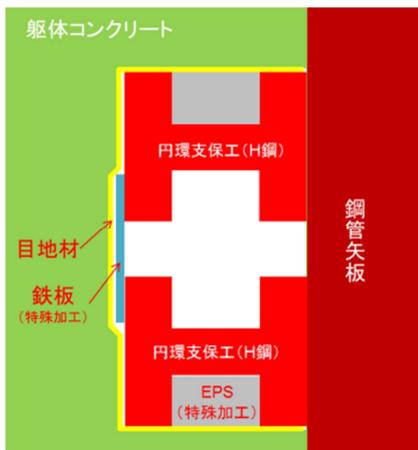


図-12縁切のイメージ



図-13 円周回転掘削機



図-14 IHCハンマ

鋼管矢板を支えている円環支保工は、ダム湖の水圧や地山の土圧によって圧縮ひずみが生じているため、切断時の応力解放によって変位が生じ、接合しているコンクリート躯体が引っ張られ、ひび割れが発生するおそれがある。

そこで、三次元FEM解析により切断時の引張応力の発生箇所やその大きさを特定し、必要な対策工の検討を行った。当初計画（対策なし）での解析結果を図-11に示す。円環支保工切断部周辺にコンクリートの許容引張応力（1.91 MPa）を上回る引張応力が発生していることがわかる。

対策としては、円環支保工と躯体の間に目地材にて縁切りさせ、円環支保工の切断時の変位を躯体に伝達させないこととした（図-12）。目地材の材質は、コンクリート構造物の目地材として使用され加工のしやすい樹脂発泡体目地材を採用し、目地材の背面が空洞になっている部分については、鉄板やEPS材にて間詰めを行った。更に切断時には締切内を充水し、外水圧と内水圧を均等にさせることとした。

5. 施工上の対策

(1) 鋼管矢板の打設

流入部を締切するための鋼管矢板（φ1500）を配置する箇所は地盤が岩盤であるため、直接、鋼管矢板を打込むことが困難であった。そのため、鋼管矢板打設前に仮栈橋上から全周回転掘削機（φ2000）によって岩盤を鋼管矢板施工箇所1本毎に掘削し、砂及び砕石で置き換えを行った（図-13）。

岩盤を精度良く砂に置換られなかった場合は鋼管矢板を打設できない可能性があるため、全周回転掘削の施工は位置及び傾斜の高い精度管理が求められる。そのため、全周回転掘削及び鋼管矢板打設においては、自動測量を実施して施工を行うことで、鋼管矢板締切の閉合を精度良く行うことが可能となった。

掘削する際、ビットの摩耗が著しく工程の遅延が見込まれたが、施工機械を増やし、先端ビットの修理・取り替えを繰り返しながら施工することで対応した。ビット摩耗の原因は当該箇所の岩の強度が想定よりも高かったためである。円周回転掘削機を用いる場合は岩盤の一軸圧縮強さが大きいほど施工日数が増加する。



図-15 継手の変状



図-16 鋼管矢板の変状

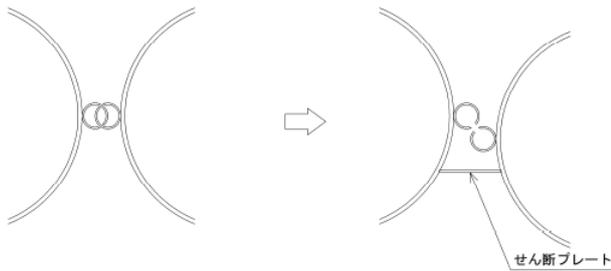


図-17 継手変状への対応

ボーリングデータで岩級区分する場合、岩の亀裂や風化を総合的に判定するが、それに加えて一軸圧縮強さを把握することが重要である。類似の施工を行う場合は岩の強度に注意して計画する事が重要である。

鋼管矢板は、超大型機械である200tクレーン、世界最大級の振動力を誇るバイプロハンマを利用して打設する。しかし、バイプロハンマのみでは埋戻砂部及び継手管部の摩擦抵抗により矢板を最終位置まで打ち込めないことが判明したため、高い打撃性能を誇るIHCハンマーを併用して打設した(図-14)。

(2) 鋼管矢板変状への対応

流入部立坑において、掘削途中の段階(10段支保工設置時)に一部の鋼管矢板の継手が外れて内側に変位していることが確認された(図-15)。また、一部の鋼管矢板が内側に押しつぶされていることも確認された(図-16)。

鋼管矢板継手が外れた位置からの湧水は、ほとんど発生しなかった。これは、継手が外れるリスクや止水の信頼性を考慮して背面側に薬液注入を実施し、止水強化を図った結果と考えられる。

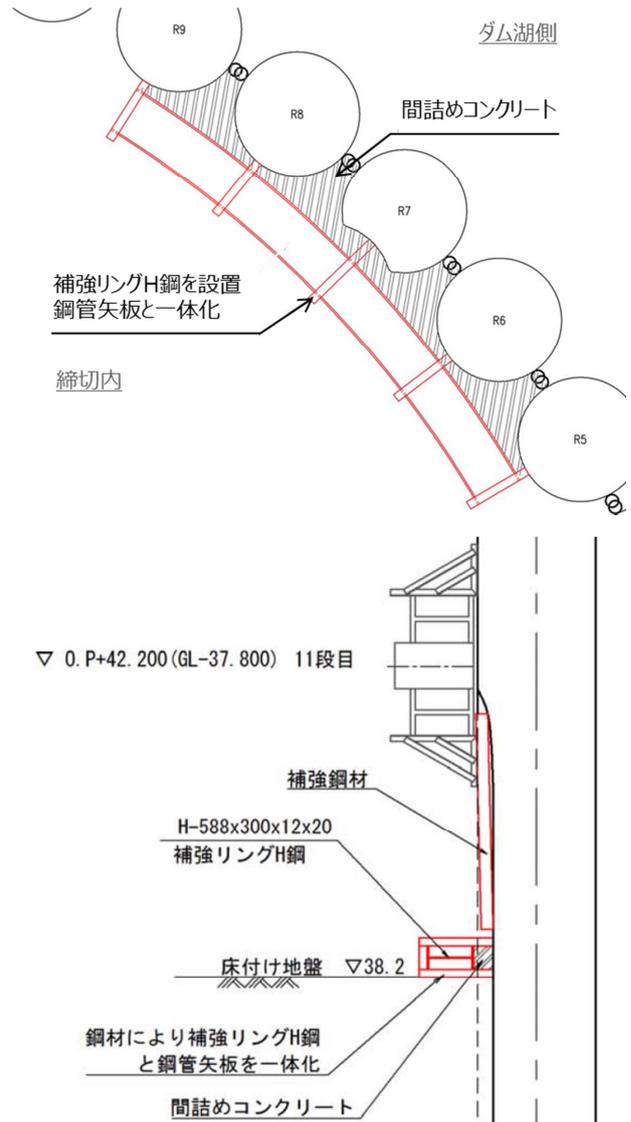


図-18 鋼管矢板変状への対応

この事象が発生してから本体の構築が完了するまで1年以上かかることから、継手が完全に外れているところに関しては、背面止水再注入を行い、確実な止水を確保した。継手にはせん断抵抗力を期待する設計となっているため、継手が外れた部分はせん断抵抗力の不足部分を補うために追加せん断プレートを設置した(図-17)。

鋼管矢板のつぶれた箇所は鋼管の断面が小さくなっており、鋼管の鉛直方向の曲げ剛性が低下していると考えられるため、鋼材を用いて鋼管矢板の補強を行った。使用した補強リングH鋼により隣接する杭と一体化させることで、剛性が低下した鋼管矢板の補強を図った。これにより、立坑内側への鋼管矢板の変形を抑えることができる。これらの鋼管矢板への補強を図-18に示す。

7. おわりに

本工事ではダム湖水位による水圧及び水位変動による

圧力変動に耐える鋼管矢板締切を選定し、入念な止水処理を施したことで、施工時に大きな問題が生じることはなく、鋼管矢板への補強で対応できた。

今後大まかなステップとして流入部では、トンネル式放流設備の完成を待ってから鋼管矢板を一部切断してトンネルへ通水する。本事業が早期に完了し、広く淀川流域の治水、利水に資することを願っている。

※本稿の内容は筆者の前所属である琵琶湖河川事務所工務課の所掌である。

謝辞：本稿の執筆にあたっては施工業者である大成建設の方々から資料提供等でご協力いただきました。また、本工事を担当しているいないにかかわらず職員の方々からは助言をいただき、おかげで本稿を作成することができました。末筆ながら、深く感謝の意を表します。

サイクリングモニターツアーの実施について

松本 敏典¹

¹奈良県 奈良土木事務所 工務課 (〒630-8303奈良県奈良市南紀寺町2-251) .

奈良県においては、平成22年に「奈良県自転車利用促進計画」が策定され、自転車による広域的な周遊観光を促進することで、観光振興や地域の活性化を図ることとしており、周遊型レンタサイクルのサービス充実や県内を南北に縦断する大規模自転車道「京奈和自転車道」の整備に取り組んでいる。今回、五條市域における自転車利用の課題と現状より五條新町を中心とした地区及び「京奈和自転車道」のルートにおいて、利用者目線での自転車利用の課題抽出を目的にサイクリングモニターツアーを実施した。本論文では、その実施内容やアンケートの分析結果、今後の取り組みについて紹介したい。

キーワード 自転車, 住民参加, まちづくり

1. はじめに

奈良県においては、平成22年に「奈良県自転車利用促進計画」が策定され、自転車による広域的な周遊観光を促進することで、観光振興や地域の活性化を図ることとしており、周遊型レンタサイクルのサービス充実や県内を南北に縦断する大規模自転車道「京奈和自転車道」の整備に取り組んでいる。

五條市域における自転車利用の課題と現状として、伝統的建造物群保存地区である五條新町を中心に各種の観光施設が存在するが、周遊のほとんどをマイカーに依存する地域であるため、レンタサイクルの利用率は低く自転車での観光に向けた整備が充実していない状況が挙げられる。また、「京奈和自転車道」のルート（五條市八田町～火打町）にも設定されている。

今回、五條市域における自転車利用の課題と現状より五條新町を中心とした地区及び「京奈和自転車道」のルートにおいて、利用者目線での自転車利用の課題抽出を目的にサイクリングモニターツアーを実施した。本論文では、その実施内容について紹介したい。



写真-1 五條新町の町並み

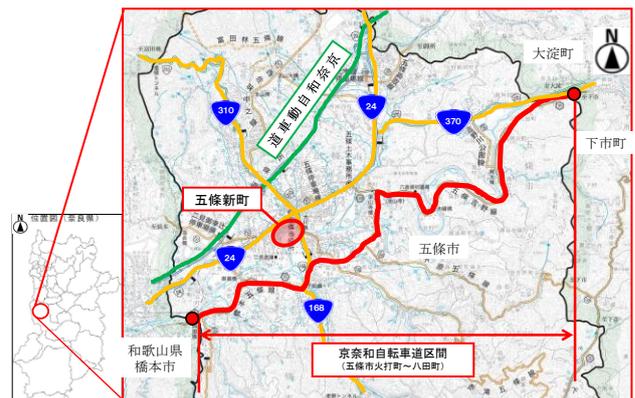


図-1 位置図

2. サイクリングモニターツアーの実施内容

(1) モニターツアーの実施方法

今回は、一般の方を対象に自転車で実際に走行して頂き、コースの走行環境や観光施設等について調査するモニターツアーをイベント形式で実施した。実施内容としては、最初にモニターツアーの趣旨を説明。道中、自転車で走行する際に気になった点や箇所をマップ等に記録して頂き、走行終了後にはアンケート及びスタッフによるヒアリング調査を実施した。

(2) モニターツアーコース概要

五條市域における自転車利用の課題と現状から、中距離コースと周遊観光コースの2つのコースにおいてモニターツアーを実施した。コース概要としては、上野(こうづけ)公園を起終点として五條市内の「京奈和自転車

道」ルート（五條市中町～五條市八田町区間）を走行し吉野町で折り返す全長約60kmの中距離コース(表-1)。2つ目は、五條市に協力頂き、五條新町を中心に五條市内の観光スポットをガイドとともに周遊する全長約5kmの周遊観光コース(表-2)。

項目	内容
イベント名	吉野川沿いサイクリング・モニターツアー
実施内容	・上野公園を起終点に、吉野町で折り返す全長約60kmのサイクリングモニターツアーを実施 ・ルート途中の休憩所やルート沿いの見どころ等を周ってもらい、モニターツアー等の満足度や問題点を把握するためのアンケートを実施 ・チェックポイント（吉野土木事務所）及びゴール地点（上野公園）で、おもてなし ・ゴール地点（上野公園）で、完走証と景品を配布
開催日時	平成29年1月29日（日）
参加受付場所	上野公園（五條市上野町2-4-6番地）
参加の条件	①自転車（個人所有の自転車）での周遊が可能の方 ②小学5年生以上 ※高校生年齢以下は、保護者の同意書が必要 ※中学生年齢以下は、保護者の同意書及び同伴が必要。 ③事前申込をした方
主な参加対象	自転車愛好家

表-1 モニターツアー概要(中距離コース)

項目	内容
イベント名	周遊観光サイクリング・モニターツアー in 五條
実施内容	・五條新町周辺（Aコース）または藤岡家住宅周辺（Bコース）を、約2時間かけてレンタルサイクルで周遊していただくサイクリングモニターツアーを実施 ・ガイドと一緒にレンタルサイクルでルート沿いの見どころ等を周遊 ・ツアー終了後、満足度や問題点を把握するためのアンケートを実施 ・参加者には景品を配布
開催日時	【Aコース】平成29年3月4日（土）10時～、14時～ 【Bコース】平成29年3月5日（日）10時～、14時～
参加受付場所	JR五條駅（A、Bコースともに駅集合）
参加の条件	①身長140cm以上の方 ②事前申込をした方
主な対象者	観光客

表-2 モニターツアー概要(周遊観光コース)

中距離コースでは、参加条件として（個人所有の）自転車を持参して頂き、コースに設置した案内サイン（図-3）に従って各自でコースを走行して頂き、周遊観光コースでは実際にJR五條駅でレンタルされているレンタルサイクルを使用し、5人1組でコースを巡った。

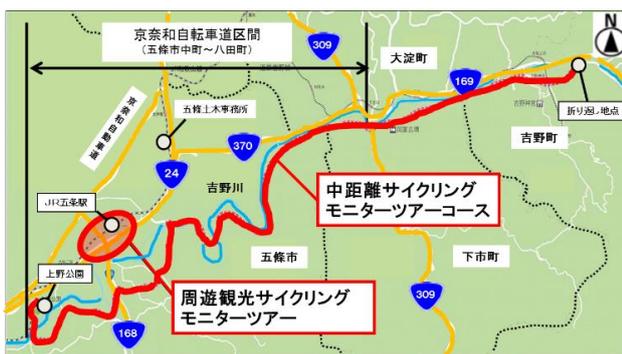


図-2 モニターツアー位置図



図-3 案内サイン

(3) 情報発信PRコンテンツ検討作成

参加者募集にあたっては、集客効果を高めるためにイベント情報発信内容・PRコンテンツについて検討し、チラシ・ポスターを作成した。また、発信方法としては道の駅などの県関連施設へのチラシの設置やなりびんぐ（新聞広告）、インターネットへの掲載（五條土木事務所・五條市HP）等を実施した。

(4) アンケートの作成

モニターツアーの効果を把握するためにアンケート調査を実施し、モニターツアーの効果分析を行った。アンケート調査項目については、広報や参加のきっかけからコースの走行環境や今後必要な改善点など多岐の項目に渡って実施した(表-3)。また、道中では、走行中に気になった箇所を今回のモニターツアー用に作成したサイクリングマップに記入頂いた。

分類	調査項目
広報について	Q1 本日のモニターツアーをどのようにして知りましたか。
参加のきっかけ	Q2 モニターツアーに参加しようと思ったきっかけは何ですか。
コースの評価	Q3 コースについてお答えください。 Q3-1 コースの分かりやすさについて教えてください。 (案内サインの設置数・設置位置・内容・サイズ) Q3-2 コースは走りやすさについて教えてください。 (路面状態(道の凹凸等)・勾配・距離) Q3-3 コースの安全性について教えてください。 (交差点・カーブ等での見通し・自転車の走行を阻害するような歩行者・自動車の有無)
モニターツアーの評価	Q4 モニターツアーの「良かった点」や「悪かった点」を自由に記入してください。
モニターツアーの改善点	Q5 本日で走行したコースを、今後、より快適に楽しめるサイクリングコースとしていくために、どのようなことが必要だと思いますか。また、選択した理由を教えてください。複数選択された場合は、特に今後、重点的に改善した方がよいと思う項目に絞ってご記入ください。
サイクリングで重視すること	Q6 本日で走行したコースとは関係なく、今後、あなたがサイクリングをしようと思われたときに、どのようなことを重視して走る場所を決めますか。
属性	Q7 ご自身のことについて。 (性別・年齢・同伴者・五條市を訪れた経緯・本日の旅程・お住まい・バイクの種類・趣味として自転車を始めてからの年数・普段のサイクリングの走行距離(1日))
コースの問題点等	Q8 本日で走行したコースにおいて、コースの分かりやすさやルート沿線の休憩所等でお気づきの点(問題点等)がありましたら、具体的な場所やその状況等についてお示しください。

表-3 アンケート調査項目（中距離コース）

3. アンケート調査結果と分析

アンケート調査結果を今後のサイクリングイベントやコースの整備等にどのように活用していくか、質問項目ごとに、回答選択肢および調査結果の活用方法について整理した。また、記入頂いたアンケートについては、年代や居住地によるクロス集計を行ったほか、走行中気になった箇所として指摘のあった箇所については、適宜現地確認を行い、現場状況等の資料をとりまとめた。実施したアンケート調査結果の一部及びに効果等の分析を次に示す。

・走行環境について

今後より快適に楽しめるコースとしていくために必要な項目では路面状態の改善、自転車走行レーンの明示、今後周遊観光サイクリングをする上で重視する点には、安全に走行できるが最も多い回答となり、本コース及び周遊観光サイクリングにおける走行環境の快適性が強く求められる結果となった。

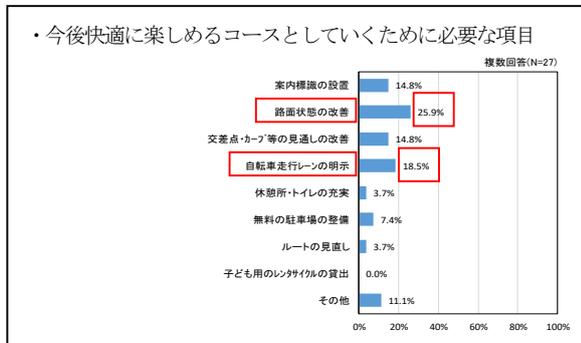


表-9アンケート集計結果(周遊観光コース)

・観光スポットについて

五條新町など立ち寄った観光スポットについては、非常に良かったとの回答を多く得たが、立ち寄った観光スポット間及びコース全体の距離については、長かったとの意見がなかったため、立ち寄る観光スポットを増やし、周遊コースを延長させることも考えられる。

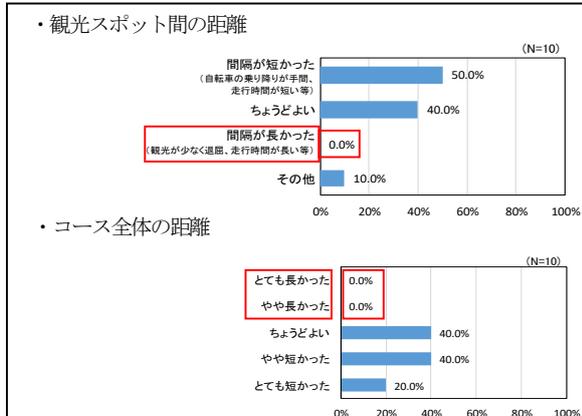


表-10アンケート集計結果(周遊観光コース)

4. おわりに

今回のモニターツアーでは、実際に自転車で走行して頂くことで、五條市域における自転車利用の課題を利用者目線で確認することができた。確認できた課題等については、分析結果に基づいて今後対応していく必要がある。以下に、今回モニターツアーを実施した2コースについて、今後の取り組みを記す。

中距離コースについては、「京奈和自転車道」の設計

に走行環境等の課題を反映し整備を検討しており、観光施設との連携などについては、今後、関係機関等との協議が必要だと考える。

また、周遊観光コースについては、今回得られた課題及び分析結果を五條市に提供しており、自転車を使った広域的な周遊観光による五條市のまちづくりを支援していきたいと考える。



写真-2 中距離モニターツアーの様子

AR/VR技術を活用した伝わる広報

三村 都志晴¹

¹近畿地方整備局 京都国道事務所 京都第二維持出張所（〒604-8416京都府京都市中京区西ノ京星池町213）

淀川河川事務所は、水防災意識社会再構築への取り組みを加速させるべく、河川施設等の事業効果や治水対策について、住民目線でわかりやすい情報提供に取り組んでいます。また、近年沿川の地域活性化に関する取り組みにおいても、効率的な広報が重要なものとなっています。

今回、AR（拡張現実）/VR（仮想現実）技術を活用し、治水の歴史や地形に関する情報、浸水想定区域図等について地域住民の方に実際に体感していただきながら説明を行うツールを開発しました。従来の「伝える」広報ではなく、新技術を活用した「伝わる」広報に係る事務所における現在までの取り組み状況を報告します。

キーワード 住民目線、AR/VR、水防災意識社会再構築、地域活性化

1. はじめに

淀川は滋賀県の山間部を源として京都から大阪平野を貫流し大阪湾に流れこんでいる。その流域は2府4県にまたがっており、古来より近畿地方の政治・文化・経済の重要な位置を占めている。淀川河川事務所（以下「事務所」という。）はそのうちの淀川本川、宇治川、桂川及び木津川の維持管理を担っている。

淀川流域では、古くは1885年の明治18年大洪水など、近年でも2013年台風18号洪水と幾度となく水害が発生してきたこともあり、現在も様々な河川改修等の事業に取り組んでいる。宇治川塔の島地区改修、桂川緊急治水対策による河道掘削などのハード対策や、2015年9月に発生した鬼怒川の堤防決壊等による甚大な被害発生を契機に策定された「水防災意識社会再構築ビジョン」に基づく住民目線のソフト対策として、洪水浸水想定区域図（以下、「浸想図」という。）の公表（2017年6月）など、地域住民の目線に立った分かりやすい情報提供に取り組んでいるところである。

また、淀川の河川敷には国営淀川河川公園が整備され、地域イベントやレジャー等で幅広く利用されており、その利用者は年間600万人を越えている。2017年3月には淀川三川合流域の交流拠点となるべく、さくらであい館がオープンした。

下流部に目を向けると淀川枚方船着場と大川八軒家浜船着場とを結ぶ定期船の運航が2017年9月より開始されるなど淀川沿川の地域活性化に関する取り組みもより一層重要となってきている。



図1-1 賑わうさくらであい館

このような状況を踏まえ、事務所では、地域住民に社会資本整備や地域活性化に関する取り組みの目的や効果を適切に伝えるべく、広報活動に重点的に取り組んでいる。

2. 広報活動と情報発信の現状と課題

(1) 「伝わる」広報への転換

国土交通省では、社会資本の整備や地域づくりに関する取り組みについて広く国民の理解を得るため、広報活動の重要性を見直し、従来のような一方的に情報を「伝える」広報から、情報の受け手である国民の目線に立った、より親しみやすく、伝わりやすい、興味を惹きつける双方向的な「伝わる」広報に転換すべく、全国的に取り組むを進めている。

事務所でも河川改修等の事業について地域住民の理解

を得るため、出前講座等の説明の機会を設け、淀川に関する資料を展示する淀川資料館や、毛馬施設、沿川の小学校など多様な場所に出向き、淀川の特徴や事業概要について積極的に情報提供を行っている。また、さくらであい館は淀川三川合流部という特徴的な位置にあり、春には高さ約30mの展望塔から前方の背割堤に広がる200本以上の桜並木が一望でき、地域の交流拠点として多様なイベントが開催され年間6万人以上が訪れる施設でもあり、様々な機会に説明会を開催するなど積極的に「伝わる」広報に取り組んでいるところである。

しかしながら、会議室等で説明を行う場合、PCとプロジェクターを活用し資料をスクリーンに投影して説明を行うことができるが、屋外など会議室以外で施設等を実際に見ながら説明するとなると、機器を用いた説明は困難である。このような状況の場合、これまでは紙媒体の資料で説明しつつ、時折モバイルPCを活用し動画等を見せながら説明を行ってきた。説明する側としては受け手側に「伝わる」説明となるように努めてきたが、受け手側に情報が意図したようにうまく伝わらないことがあった。これは説明する際、紙を見てPCを見てと複数の媒体でバタバタと説明することになり、説明者が説明すること自体に手一杯となってしまい、受け手側への配慮が不足しがちになっていたこと、また受け手側にとっても複数の媒体で説明されることで注意が分散されてしまい、何が重要な情報であるのかスムーズに伝わらず、その結果あまり印象に残らない説明に終わってしまっていたことが原因ではないかと考えられた。

(2) 防災情報提供の現状と課題

事務所では先述のとおり浸想図を公表しているところであるが、淀川は、概ね堤防が完成しているほか、近年大規模な氾濫がなく、その安心感から地域住民にとって水害が我が事でないものとなっている。後述する体験会のアンケートでは浸想図を知っているとの回答は約4割にとどまり、認知度が高いとはいえない。しかし、近年全国的には毎年のように豪雨災害が発生しており、想定を越える水害がいつ起こってもおかしくない状況であることから、地域住民に浸水の恐れがあることを正しく認識していただき、有事の避難行動につなげていくことが重要である。水防災意識社会再構築ビジョンの取り組

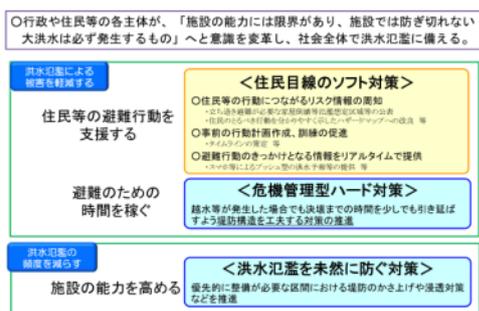


図2-1 水防災意識社会再構築ビジョン

みを加速させるためには、浸想図が地域住民に正しく認知され浸透するよう、説明する際に浸想図がより印象に残るような工夫が必要であると考えられた。

3. 新技術の広報への導入

このような状況を踏まえると、現在の事務所の広報について以下の3点が課題として考えられる。

- ① 効率的な情報提供が可能となる媒体の導入
- ② 説明側の意図が受け手に直感的に伝わるシンプルな情報提供
- ③ 印象的なインパクトある情報提供

(1) 「おっ？」と思わせる情報提供

①の課題については、受け手が情報提供に集中、注目するような説明が必要ではないかと考えた。幸い、これまで何度も説明を行った経験を通じて、理解を促進させるために効果的な資料はどのようなものが必要なのか明らかとなっていた。そこで、新たに情報提供媒体としてタブレットを用意し、これまで蓄積された効果的な資料を一元的に納めることで、一つの媒体で説明者がスムーズな説明を行うことができるようにした。資料の一元化にあたっては、説明する施設等の写真データに説明資料を呼び出すための見えないリンクを埋め込んだイメージ図（クリックブルイメー）を用意した。これを使用すればいつでも必要な資料や映像が瞬時に取り出すことができ、スムーズな説明が可能となる。



図3-1 クリックブルイメーについて

また、淀川三川合流部という河川形状は、治水の歴史と密接に関係しており、時代に沿った変化を視覚的に伝えるためには、紙媒体では限界がある。そこで効率的な情報提供のため、時代の変遷を整理し、電子化した図が徐々に変化するデータを新たに作成し、タブレットに追加した。



図3-2 時代変化に沿った地形変遷のイメージ

(2) 「楽しい!」と思わせる情報提供

②及び③の課題については、受け手の興味をひきつけ、説明内容に楽しさや面白さを感じてもらい、深い印象を残す、そういった事が不足しているのではないかと考え、昨今注目が高まっている体感型のコンテンツに注目した。

体感型コンテンツとは、AR/VRと呼ばれるような新技術を活用し、リアリティあふれる視覚情報を得ることで、体験者にとって生きた経験としてより深く印象を与えることができるものである。AR/VR技術とは、拡張現実 (Augmented Reality) , 仮想現実 (Virtual Reality) と呼ばれる技術であり、スマートフォンアプリやコンピュータゲーム等に活用され、注目を集めている。

AR/VR技術はそのアミューズメント性の高さからもっぱらゲーム等に活用されているように思われるが、実際には行政やインフラ業界でも活用されている。例えば観光庁では、増加する訪日外国人に対する観光施設案内や店舗情報の提供手法にAR技術導入に向けた取り組みが進められている。また、インフラ業界では、建設作業員に対する安全研修にVR技術が取り入れられており、高所作業員に対し、VR技術を活用した仮想空間の中で落下事故を体験させ、安全対策の重要性を再認識させることに役立てられている。

このように多方面で活用されているAR/VR技術などの新技術を活用した情報提供手法を導入すれば、②及び③の課題を克服した「伝わる」広報が実現できると考え、AR/VR技術を活用した情報提供ツールの開発に着手した。

4. AR/VR技術を活用した情報提供手法の開発

(1) さくらであい館での情報提供手法の開発

さくらであい館展望塔では、360度全ての景色を楽しむことができるが、そこから見える山や施設の説明は掲示物を設置しているだけであり、いちいち景色と見比べながらでなければ説明を見ることができなかった。そこでAR技術を活用した情報提供手法を検討した。



図4-1 さくらであい館展望塔 (中央に景色を説明する掲示がある)

AR技術はスマートフォンやタブレット等に映し出した実際の景色に、画像や音声などの別の電子情報を合成し、実際の景色を拡張させたイメージを作り出すことができる技術である。この特徴を踏まえ、屋外やさくらであい館展望塔での活用を前提に、見える景色にタブレットをかざすと、周辺の地形的な特徴や重要な河川施設、地域活性化と関連した観光スポットについて旗揚げを拡張表示させ、旗揚げをタップすると説明や写真が表示され、施設等に関する情報を見ることが出来るアプリケーションを開発し、新たな情報提供ツールとしてタブレットに導入した。



図4-2 ARを活用した情報提供イメージ

(2) 浸想図の情報提供手法の開発

浸想図は河川が氾濫した場合の浸水範囲、浸水深を図化したものであり、その河川の氾濫メカニズムは地形と切っても切れない関係にある。そこで浸想図を理解してもらうためには、流域を平面ではなく立体的に捉え、地形との関係を理解してもらうことが重要であり、浸想図を立体的に確認できるような仕掛けを作り、実際に体験していただくことで浸水域がよりリアルに伝わり、体験者にこれまで印象として残りにくかった浸想図の印象を深く残すことができるのではないかと考え、VR技術の活用を検討した。

VR技術は、HMD (Head Mounted Display) , いわゆるVRゴーグルを装着し、まるで現実のように感じられる仮想空間でリアルな体験が出来る技術である。この技術を使って地域住民に浸想図をより印象的に伝えるため、淀川を俯瞰できる仮想空間の中で浸想図の特徴を確認出来るアプリケーションを開発した。

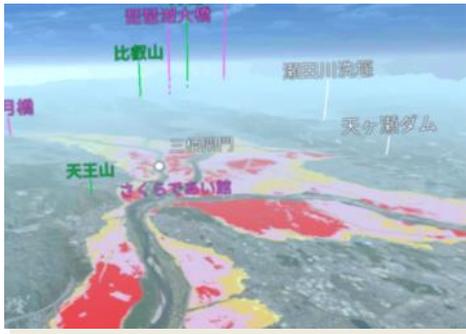


図4-3 VRを活用した浸想図の表示例

(3) 試作品を使用した体験会の開催

これらのAR/VR技術を活用した情報提供ツールが課題を克服した「伝わる」広報となっているか確認するため、さくらであい館において試作ツールの体験会を開催し、体験者に対し任意のアンケート調査を実施した。体験会は100名以上に体験していただける大変盛況なものであった。



図4-4 体験会の様子 (VR体験)



図4-5 体験会の様子 (AR体験)

アンケートは体験者のうちAR体験者33名、VR体験者27名の合計60名の方から回答があり、結果は図4-3に示すとおりである。中でも「使ってみて面白かったか」という設問に対し、「はい」、「どちらかといえばはい」との回答はAR体験者で75.0%、VR体験者で88.9%と、非常に高い結果が得られ、AR/VR技術を活用した情報提供ツールに対する興味の高さが伺えた。「新たな発見があったかどうか」の設問に対しては、AR体験者で59.2%、VR体験者で60.9%と、体験者の概ね6割の方に対し新たな情報を提供できたという結果となった。また自由回答では、「自宅が浸水想定区域に含まれていることを知らなかつ

た。」、「浸水範囲がわかりやすい。ぜひ近所の方に紹介したい。」、「ただ景色を見るだけではなく、地域についてとても勉強になった。」等の感想があった。これらの結果から、AR/VR技術を活用した情報提供手法は「伝わる」広報として一定の効果があるものと確認できた。

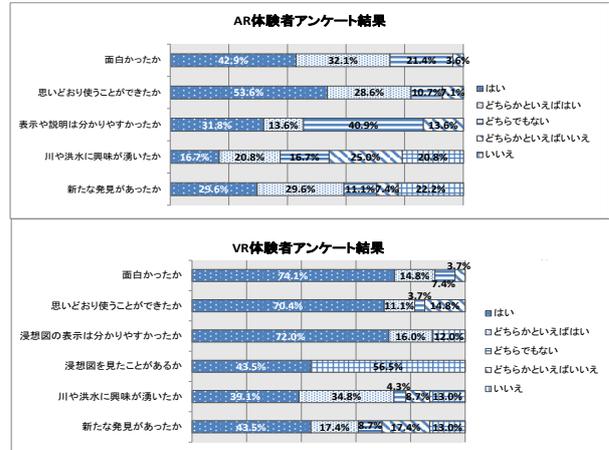


図4-6 体験者に対するアンケート結果

しかし、「表示が分かりやすかったか」という設問に対しては、VR体験者からは88.0%と高かった一方、AR体験者からは45.5%にとどまった。また、「三川合流点にいるのに地形がよくわからない。」、「三川がそれぞれ上流からどう流れているのか知りたい。」や、VR体験者からも「近づきたいところが遠くにあり近づけない。」というような意見もあり、よりよい情報提供が可能となるよう改善を試みることになった。

5. 体験会の意見を反映した情報提供手法の改善

(1) 見えないものを見せる工夫

まずはARの改善である。今回の試作品では、ARで提供する内容は目前に見える景色に関する情報に重点を置いていたため、体験者の意見のような見えないところの情報、今回でいえば三川合流部という地形的な特徴や、三川を含む淀川流域全体の特徴に関する情報がうまく提供できていなかったと考えられる。また、さくらであい館は宇治川と木津川の合流点付近に位置し、桂川から少し距離がある上、展望塔の高さが約30mとなっているため、樹木等の障害物により展望塔から桂川がよく見えないという点も遠因として考えられた。

そこで、見える情報に展望塔から見えない情報が分かるよう航空写真をリンクさせ、提供する情報を増やした。これは三川合流点は斜めから見るよりも上空から俯瞰するように見る方が形状や三川合流までの流れが分かりやすいためである。また、航空写真を表示する際には、タブレットの向きに連動させることで、体験者がタブレットをかざしている方向と航空写真の向きが一致するよう

設定し、三川合流部の形状がより視覚的に伝わりやすいものとなるよう単に提供する情報を追加するだけではなく情報提供する方法にも一工夫を加えた。



図5-1 AR改善イメージ

(2) 知りたいことに応える工夫

続いてVRの改善である。試作段階では淀川流域を自由に動き回れることは想定しておらず、いくつかの地点を設定し、場所を固定した上で高低に移動し、浸想図を確認することを前提としていた。これは、情報提供を行う場所がさくらであい館等の施設を想定しており、ある程度限定されることや、平面移動を可能とした場合、操作が煩雑となりわかりにくくなることが考えられたためである。

しかし、実際にはどこで情報提供するとしても様々な地域から来場されており、周辺地域に居住されているとは限らない。また体験者からは、職場や学校付近、知り合いや親戚等の居住地付近の状況が見たいというような声もあり、地点を限定することは適当ではなく、かえって提供する情報に制限をかけてしまっていた。そのため、平面的な移動を可能とし、移動範囲を淀川流域全体に広げることで、情報をよりピンポイントに提供することが可能となり、どの地域について見たい場合にも対応ができる汎用性の高いものとした。操作性低下の懸念については、平面的な移動を川筋のみの移動に限定することで、左右の移動をなくし、上下流の移動だけで操作できる仕様とした。また、VRゴーグルに付属するリモコンによる操作を可能とすることで簡易な操作のままで平面的な移動が可能となった。

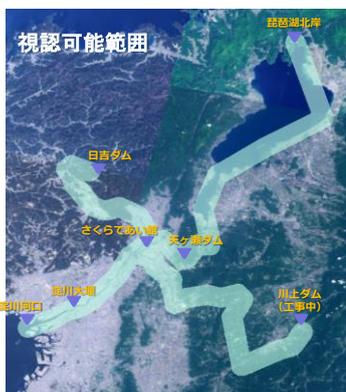


図5-2 VR視認可能範囲

6. イベント等における活用状況

改善を加えた情報提供ツールを使って、イベント等様々な場面で活用した。その活用状況についていくつか紹介する。

表6-1 情報提供ツールを活用したイベント

イベント名	日時	場所	体験者
① ふれあい土木展2018	平成30年11月9・10日	近畿技術事務所	約150名
② 水のめぐみ館アクア琵琶&淀川資料館コラボ企画展「淀川のはじめとこれから」	平成30年12月4～24日	水のめぐみ館アクア琵琶	約1000名 (来場者数)
③ 毛馬排水機場見学会	平成31年1月23日	淀川河川事務所毛馬出張所	約10名
④ 三栖閘門完成90周年アニバーサリープロジェクト	平成31年3月23日	宇治川三栖閘門	約200名 (来場者数)

①のふれあい土木展は、土木技術に魅力を感じ興味をもつきっかけとなるよう近畿地方整備局が主催している子ども向けのイベントである。事務所ではこれまでもふれあい土木展に出展してきたが、内容はパネル展示が中心で集客力に乏しく人気がないものとなっていた。しかし、今回はVR体験を実施し、来場した小学生を中心とした子どもたちに体験してもらったところ、子どもたちにとってはVRゴーグルの体験自体に非常に魅力を感じるようで、非常に受けが良く、時には人だかりができるくらい盛況ぶりであった。VR技術は子供たちが浸想図を通じて水害について知る、興味をもつきっかけとして非常に有効な手段であり、これは水防災意識社会再構築ビジョンに基づき取り組んでいる防災教育のより一層の向上に繋がるものと考えられる。



図6-2 情報提供ツールの活用状況 (①にて)

②及び④はアニバーサリープロジェクトとして事務所が開催したものである。2024年に淀川改修着手150年を迎えることを見据えたプレイベントとして淀川資料館と琵琶湖河川事務所アクア琵琶との共同企画展、三栖閘門完成90周年を記念した企画展示の2つのイベントを実施した。VRの移動範囲を淀川流域全体に広げたことで、他事務所管内での広報においても有効な情報提供手段となり、他事務所と連携した広報活動でも積極的に活用することが可能である。体験された地域住民からは「VR空間で浸想図を見ながら淀川の特徴や地形の話の話を聞くと非常にわかりやすく、すっと頭に入ってくる。」という感想があり、意図したような効率的な情報提供が実現できている

と実感することができた。

また、VR体験の際、説明者が体験者にスムーズに説明が行えるよう、図6-3、6-4のようにVRゴーグルで見えている映像をディスプレイに投影（キャスト機能）した。これは説明を補助する目的で行っていたが、キャスト機能によってVRの世界を一人だけで楽しむのではなく、周囲の人々にも楽しんでもらうだけでなく、体験状況がよく伝わりその結果さらに多くの方を引き寄せることに繋がった。



図6-3 情報提供ツールの活用状況 (②にて)



図6-4 情報提供ツールの活用状況 (④にて)

最後に③についてである。淀川下流部に位置する毛馬排水機場は、大阪市内を水害から守る重要な河川施設であり、2018年台風21号の際、大阪市内を高潮による浸水被害から守ったことを受け、その機能や効果を積極的にアピールするため、地域住民を対象とした見学会を2019年1月から毎月開催することとなった。

見学会ではタブレットを活用した説明を行い、クリックブレイメージを駆使し、説明資料と動画を組み合わせた分かりやすい情報提供を行っている。タブレットを使用した説明は大変好評で、説明資料や動画素材を整理し一元化したことで、受け手側にシンプルに伝わる情報提供が実現できているといえよう。



図6-5 タブレットの説明に注目する参加者 (③にて)

今回開発した情報提供ツールはイベントや説明会以外でも、体験の希望があればいつでも事務所にて体験いただくことができる。この情報提供ツールについて対外的にアピールするため、PR動画を作成し、事務所庁舎内の情報発信スペース（通称「Y-SITE」）で放映することで、事務所が取り組む「伝わる」広報について積極的にPRしているところである。



図6-6 情報発信スペース「Y-SITE」

7. おわりに

体験会を通じてVRゴーグルやタブレットを活用した情報提供手法の有効性が確認され、以降改良を加えながら「伝わる」広報として事務所のイベント等の多様な場面で活用し、子どもから大人まで幅広い世代の方に体験していただくことができた。AR/VR技術を活用した情報提供ツールは幅広い世代の興味をひきつけ、それぞれに体験していただけるものであり、地域住民に淀川について興味をもっていただくよいきっかけとなったと考えている。

今後も多様なイベント等で様々な世代の方に体験していただく中で、体験の場所や体験者の年齢に応じてどのような説明が求められるか蓄積し、よりよい情報提供ツールとなればよいと思うところである。また、これまでの体験者からの意見には、「浸想図を時間的な経過をみられるようになれば、避難行動について考えるきっかけになるのではないか。」というような意見もあり、さらなる改良の余地は十分にある。今後も「伝わる」広報が試行錯誤を経てより良いものとなり、様々な場面で活用され、多くの地域住民の目に触れる情報提供手法として確立されることを期待したい。

最後に、本報告は発表者が2018年度まで所属した淀川河川事務所調査課における所掌内容についてとりまとめたものであることを申し添える。

謝辞：本報告にあたり、ご助言、ご協力をいただいた皆様に対し、ここに感謝の意を表します。

足羽川ダムにおける 堤体部のひび割れ抑制対策について

山崎 健司

近畿地方整備局 河川部 河川工事課 (〒540-8586大阪府大阪市中央区大手前1-5-44)

流水型ダムである足羽川ダムは、ダム堤体の河床部に放流設備を設置する。ダムコンクリート打設後に放流設備空洞部と堤体内部との温度差により、堤体中央、ダム軸方向にクラックが生じ易く、ダム堤体の安定性を損なう可能性があり、確実に防止する必要がある。

足羽川ダムでは、温度履歴及び温度ひずみの3次元FEM解析を行った結果、無対策ではクラック発生の可能性が高いことを確認した。クラック発生防止対策として、①夏期のコンクリート打設面への散水養生によるコンクリートの放熱促進、②冬期の放流管空洞部の通気遮断、③最もクラックが生じやすい堤体中央部に縦継目の設置という3つの対策を行うこととした。

キーワード 河床部放流設備、クラック、温度ひずみ、縦継目

1. はじめに

足羽川ダムは、九頭竜川水系足羽川の支川部子川（福井県今立郡池田町小畑地先）に建設中の高さ約96m、堤頂長約350m、総貯水容量約2,870万m³の重力式コンクリートダムである。(図-1)



図-1 足羽川ダム位置図

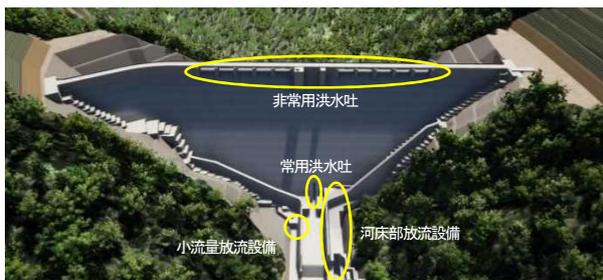


図-2 足羽川ダムイメージ図

足羽川ダムは、非常用洪水吐 (B13.0m×H3.0m) 10門、常用洪水吐 (B2.2m×H2.4m) 1門、小流量放流設備 (φ1.2m) 1門の他、平常時に川の水をそのまま流すため、河床部に放流設備 (B5.0m×H5.0m) 1門を設ける流水型ダムである。(図-2)

河床部に設置する放流設備は、魚類の遡上・降下や土砂排出機能の確保など、流水型ダムの上下流連続性の特性を活かすため、現在の部子川と同じ流れである左岸側の同標高部に設置する。

2. ダム堤体における温度履歴・ひずみ解析

(1) 解析条件

足羽川ダムは、堤体積約70万m³の大規模なダムであり、河床部では上下流方向に約100mの厚みを持つことから、ダム堤体コンクリート打設後に堤体内部の温度が上昇し、温度ひずみによるひび割れの発生が懸念される。

そこで、堤体最大断面における温度履歴および温度ひずみを2次元FEM解析によって推定することとした。

a) 解析の基本条件

足羽川ダムの堤体コンクリートを、図-3に示すとおり外部コンクリート (着岩部コンクリート含む)、内部コンクリートの2種類に区分して解析を行う。コンクリート配合毎の物性値は表-1のとおりである。

また、断熱温度上昇特性を図-4、コンクリート表面の境界条件となる外気温を図-5のとおり整理した。

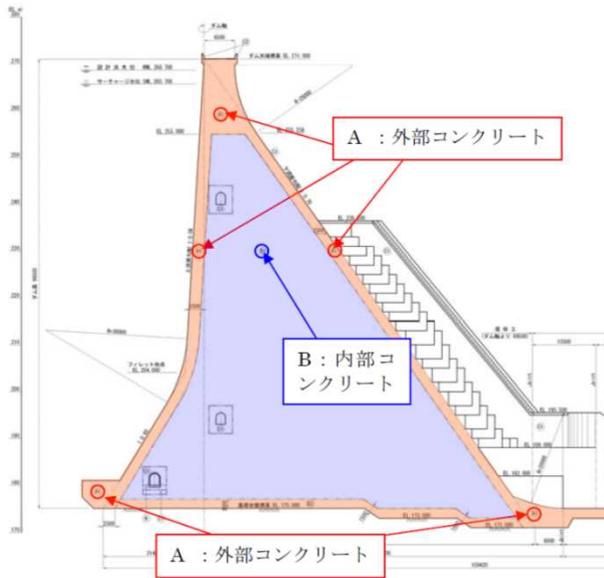


図-3 堤体コンクリート区分図

	岩盤	内部 コンクリート	外部・着岩 コンクリート
ヤング率 (N/mm)	3,000	23,000	23,000
単位質量 (kg/m ³)	2,650	2,450 ※	2,410 ※
ポアソン比	0.25	0.20	0.20
熱伝導率 (W/m°C)	3.50	2.25 ※	1.91 ※
熱膨張率 (×10 ⁻⁶ /°C)	10.0	10.0	10.0
比熱 (kJ/kg°C)	0.800	1.000 ※	0.946 ※

注: ※印は試験値、その他は一般値

表-1 物性値一覧

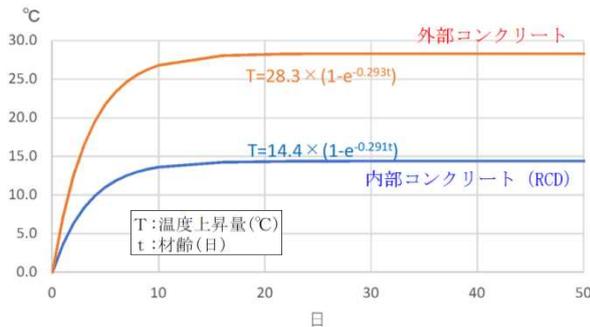


図-4 断熱温度上昇特性

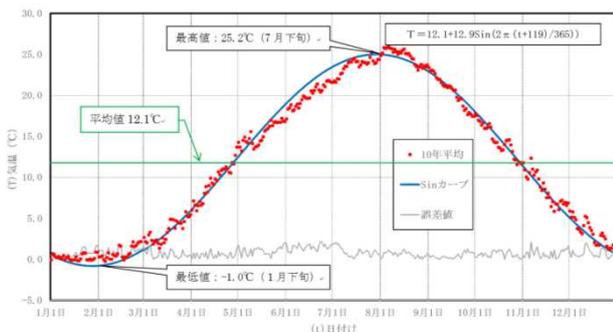


図-5 日平均気温の年変動

b)許容引張ひずみ

クラック発生判定は、「引張ひずみ」または「引張応力」によって行われている。

今回は、ダム堤体の大部分を内部コンクリートが占めており、そのクラックが発生する限界ひずみ量が材齢・打設からの経過日数によらずほぼ一定で、ひずみのみに着目すればクラック発生可否を判定できるため、「引張ひずみ」を指標とした。

許容引張ひずみは配合試験によって得られている弾性係数と引張強度より求める。配合試験の結果から弾性係数と引張強度の関係を求めると、図-6のとおりとなる。

クラック発生境界となる許容引張ひずみは、外部コンクリートで130μ、内部コンクリートで100μとした。

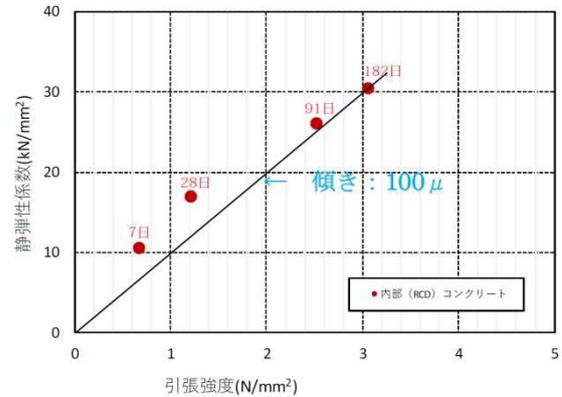
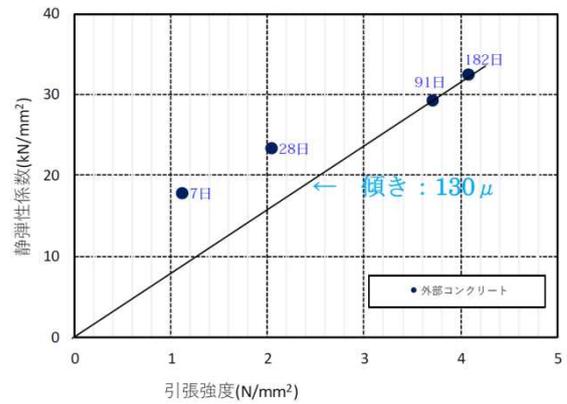


図-6 弾性係数と引張強度の関係

(2) ダム堤体の温度履歴・ひずみ解析

前節の条件により図-7に示す解析モデルを用いて解析を行った。

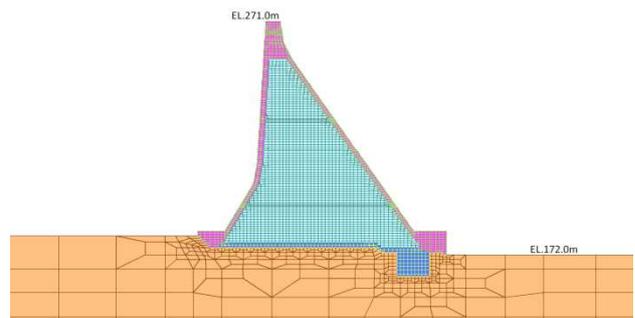


図-7 ダム堤体の解析モデル

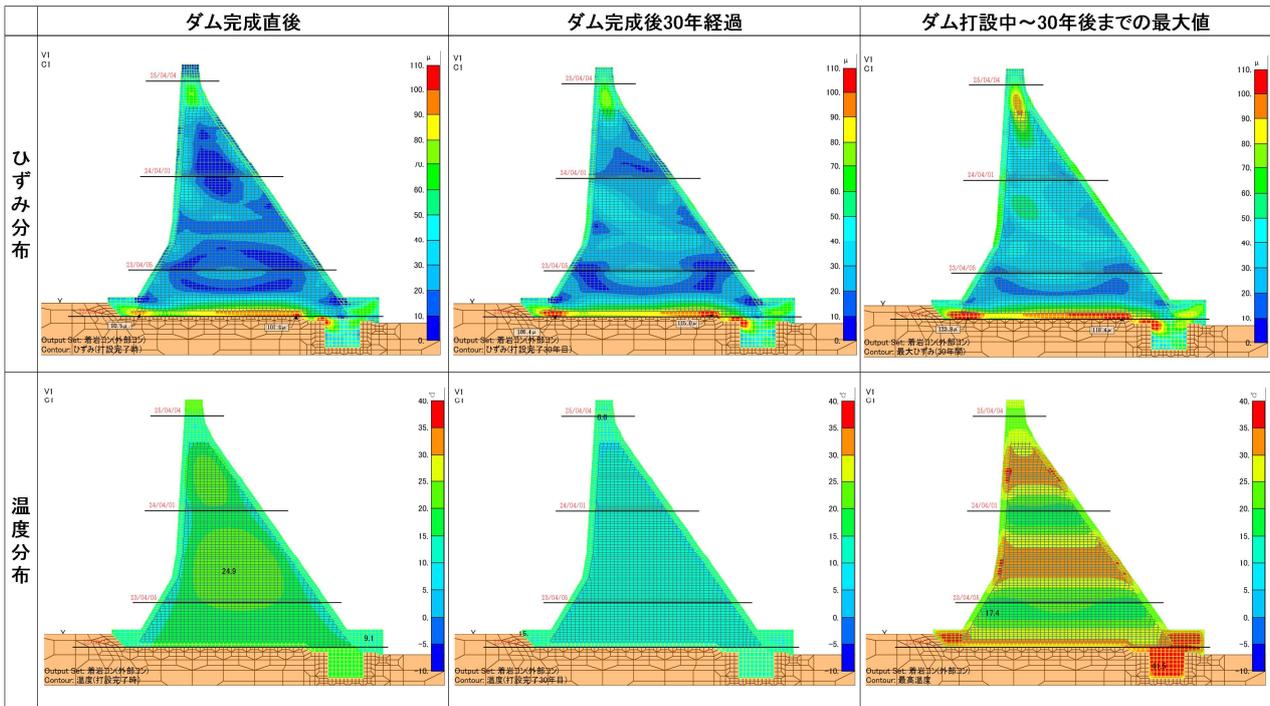


図-8 ダム堤体のひずみ分布と温度分布

解析は図-8のとおり、ダム完成直後、ダム完成後30年経過時（ほぼ最終安定温度に収束）、温度およびひずみが打設時～完成後30年間の最大値となる3種類で行った。結果は以下のとおり。

a)外部コンクリート

堤頂部付近で外部コンクリートの厚みがあるため内部温度が上昇して100 μ 程度のひずみが発生しているが、上流面、下流面、堤頂部の全てにおいて、許容引張ひずみ130 μ を超えるひずみは発生していない。

よって、対応策を講じる必要がないと判断した。

b)着岩部コンクリート

着岩付近全体に80 μ を超えるひずみが発生し、最大124 μ のひずみが発生したが、許容引張ひずみ130 μ を下回った。許容引張ひずみを下回るため、クラック発生の危険性は低いが、クラック発生リスクをより低減させるため、温度を上げないよう注意が必要である。

c)内部コンクリート

夏期打設を行う着岩部近くで最高温度が30 $^{\circ}$ Cとなり、他の内部コンクリート箇所と比較して比較的大きな引張ひずみが生じているが、最大で65 μ と、許容引張ひずみ100 μ を下回った。

(3) ダム堤体のクラック発生対策

前節の結果から、実際の打設時には計算条件以上にコンクリート温度を上昇させないよう、打設面の不 \rightarrow 遮熱防止のための養生や十分な散水等を計画することで、クラック発生の防止は十分に可能と判断する。

今後、セメント量の低減やフライアッシュ置換率の向上など、コスト縮減にもなる温度抑制対策を検討する。

3. 河床部放流設備周辺の温度履歴・ひずみ解析

(1) 河床部放流設備の影響による堤体安定性への課題

ダム堤体のクラック発生の可能性は低いことが確認されたが、流水型ダムの大きな特徴である河床部放流設備は、平常時に河川の流水とともに外気の通気が行われることから、堤体コンクリート打設後に発熱している堤体内部との温度差によるひずみや、乾燥収縮などによってクラックが生じやすい状況となる。

河床部放流設備周辺でのクラックは、堤体中央部の低標高部でダム軸方向に生じることから、上下流方向の断面で検証されている堤体の安定性を損なう可能性があるため、確実に防止する必要がある。

そこで、河床部放流設備の配置されているブロックを抽出し、温度履歴および温度ひずみを3次元FEM解析によって推定することとした。

(2) 解析条件

前章の解析基本条件と同様に、放流管回りの構造用コンクリート、着岩部コンクリートは外部コンクリートと同一配合と考え、内部コンクリートと2種の物性値を用いる。その他の条件及び許容引張ひずみも前章と同様とした。

なお、河床部放流設備の放流管表面には鋼製のライニングを予定しているが、鋼材とコンクリートの膨張係数はほぼ同一であるため、解析には反映していない。

また、解析は、河床部放流設備回りのコンクリート打設が完了した時点から、河床部放流設備に通水を開始する予定時点までの3年間とし、1年毎に行った。

(3) 温度履歴・温度応力解析

解析モデルは図-9のとおりである。

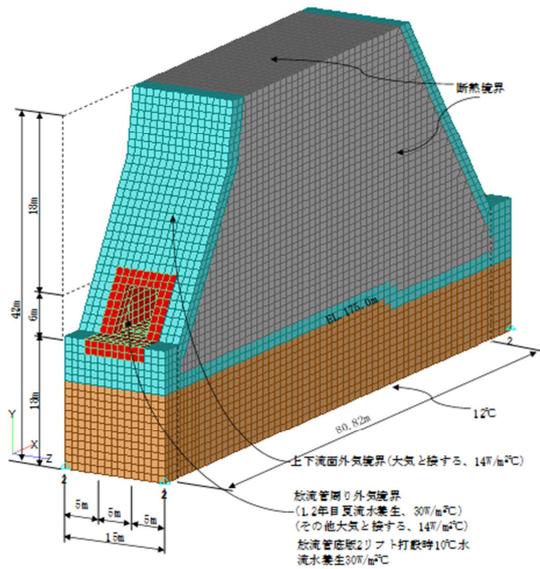


図-9 河床部放流設備設置ブロックの解析モデル

解析の結果、堤体コンクリート打設年の冬期のひずみが最大となり、翌年以降は放熱が促進してひずみが小さくなった。堤体コンクリート打設年の解析結果を図-10に示す。

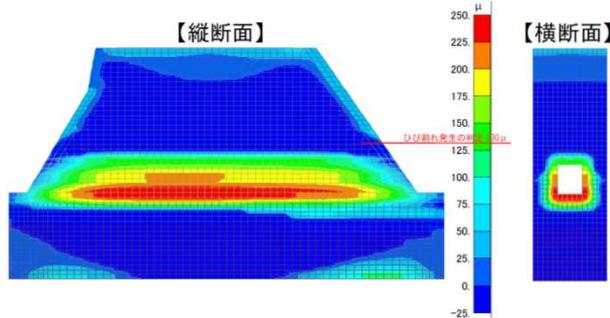


図-10 堤体コンクリート打設年 (冬期) の解析結果

上下流面から5m程度の範囲を除き、河床部放流設備の放流管表面付近全体に大きな引張ひずみが発生する。最大引張ひずみは200μを超え、クラックが発生する危険性は非常に大きくなる。

よって、河床部放流設備周辺のクラック抑制対策を講じる必要がある。

4. クラック抑制対策

(1) 温度抑制対策

河床部放流設備放流管回りの温度応力によるクラックを防止するため、温度抑制対策の検討を行った。

最大引張ひずみの発生は、コンクリート打設後の冬期に発生していることから、①コンクリート打設後の堤体

内部の放熱促進と②河床部放流設備放流管内の急冷の防止である。

①については、夏期の放熱促進のため流水養生を行い、②については、放流管表面の通気を遮断するとともに、一定温度の散水を行い、図-11のように、コンクリート表面温度を夏期20°C、冬期15°Cに規制する。

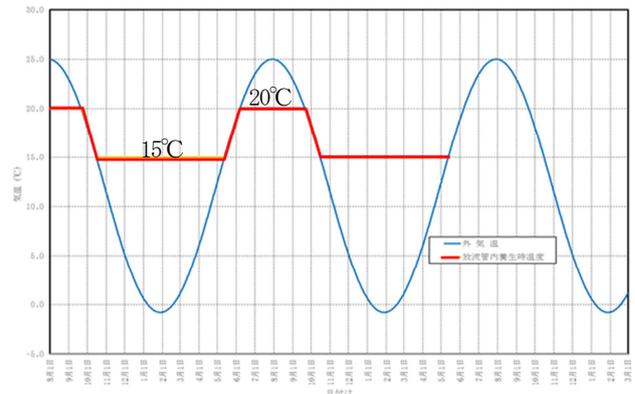


図-11 流水養生による放流管表面温度規制

温度規制の効果を確認するため、コンクリート温度を低下させた条件で解析を行った。

解析の結果、流水養生を行う1、2年目は放流管回りの引張ひずみは100μ以下に大きく低下するものの、着岩面付近で岩盤による拘束が加わっている関係で130μを超える箇所がある。

また、通水を開始する3年目には、図-12のとおり、着岩面付近だけでなく、放流管回りでも100μを超え、最大130μの引張ひずみが確認された。

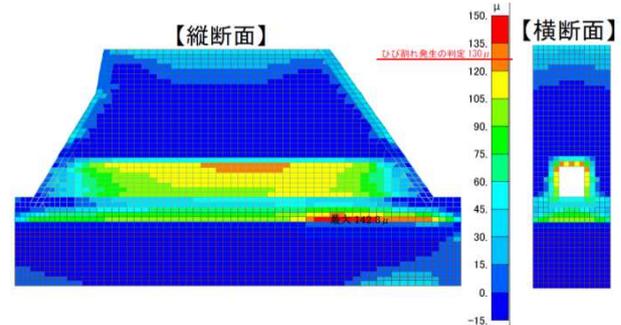


図-12 温度規制対策後の解析結果 (3年目)

以上から、放流管と着岩面に生じている引張ひずみにより、堤体中央付近をダム軸方向に分断するクラックが生じる危険性が高いため、さらなる対策を講じる必要がある。

(2) 縦継目による追加対策

着岩面の拘束を緩和するため、温度抑制対策だけでなく、堤体中央部のダム軸方向に縦継目を設けることで、引張ひずみの低減を図った。

解析モデルは図-13のとおりである。

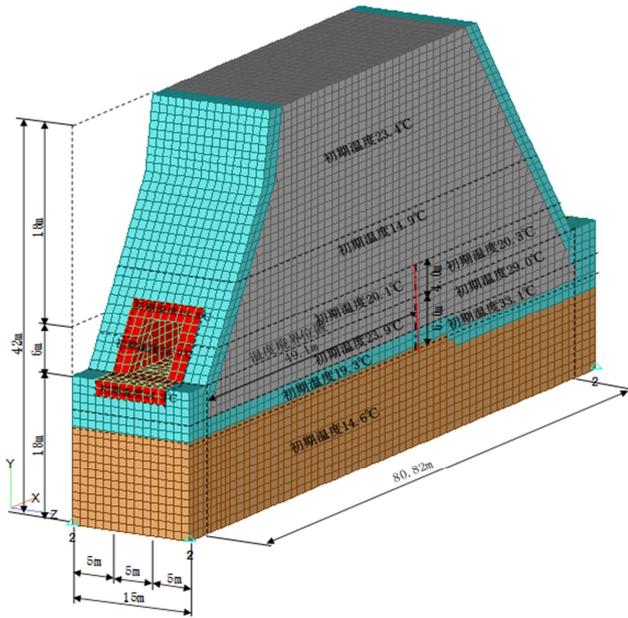


図-13 縦継目を考慮した解析モデル

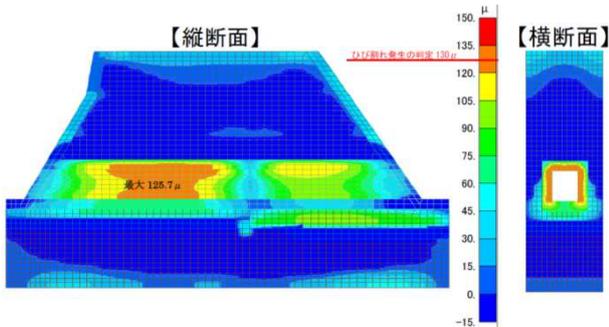


図-14 縦継目設置後の解析結果

解析の結果は、図-14のとおり、最大引張ひずみは 125.7μ と許容引張ひずみ 130μ を下回ることを確認したことから、堤体に縦継目を設けることとした。

なお、縦継目の設置にあたっては、主応力の伝達方向に配慮し、安定解析を行ったうえで、図-15のように、傾斜させることとした。

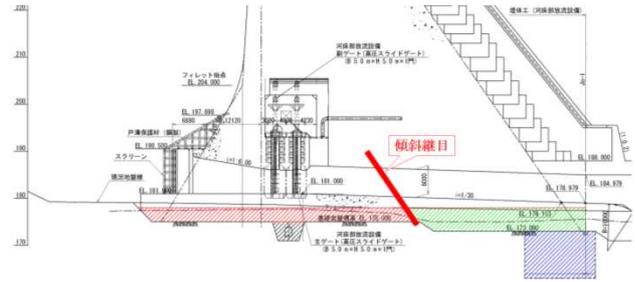


図-15 縦継目の配置

5. 結論

足羽川ダムは高さ96mの重力式コンクリートダムで、流水型ダムという特徴を備えているため、河床部に大規模な放流設備が必要となり、堤体の安定性に影響を及ぼす可能性のあるクラックへの対策として、温度抑制対策、縦継目が必要との結果が出た。

今後、流水型ダムである重力式コンクリートダムについては、管理移行後の不具合を未然に防ぐため、温度応力解析を適切に行い、設計に反映させる必要があると考える。

特に、足羽川ダムと同様に河床部の放流設備にゲートを設置するダムについては、今回検討を行ったひび割れが、放流管及びライニングにより不可視部分となることから、温度応力解析等を実施し、ひび割れの発生の可能性を確認することが望ましいと考える。

※本論文は、前所属の足羽川ダム工事事務所工事課にて行った内容を取りまとめたものである。

紀の川岩出狭窄部対策事業（岩盤掘削）について

中田 博貴

和歌山河川国道事務所 工務第一課 (〒640-8227 和歌山県和歌山市西汀丁16番)

紀の川岩出狭窄部対策事業については、岩出狭窄部の水位低下を目的に拡幅水路の整備と河道掘削を実施するもので、拡幅水路の整備としては、既設の岩出頭首工の右岸側にバイパス水路を設置することで流下能力の向上をはかる。

拡幅水路工に係る岩盤掘削においては、受注業者である奥村組土木興業株式会社の技術提案により、近接する既設構造物や民家等に配慮した岩盤切削工法を実施しており、この技術の紹介及び当該現場における効果の検証等について報告する。

キーワード 狭窄部対策, 岩盤掘削, 少実績技術, 拡幅水路

1. はじめに

岩出狭窄部は紀の川19.0k付近に位置しており、川幅が狭く土砂が堆積しやすい箇所である。本箇所における治水対策工事として、拡幅水路を設置する工事を行う。

本工事については、岩出頭首工管理橋の橋脚及び魚道の近傍で岩掘削を行うため、橋脚および魚道の損傷や、基礎直下の地盤の緩みが発生する可能性がある。また、近接する民家への配慮も必要となる。

そのための問題解決として、当現場では低振動かつ騒音で掘削できる岩盤切削工法を使用し、効果が認められたため、ここに報告する。

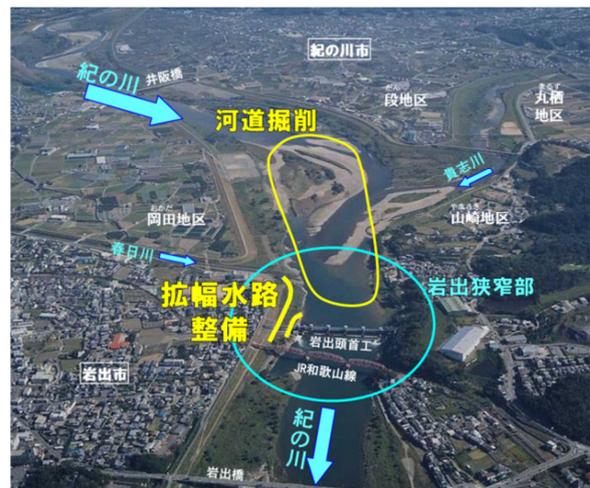


写真-1 岩出狭窄部

2. 事業概要

紀の川では浸水被害がたびたび発生しており、昭和28年7月の洪水では岩出橋が流失し、昭和34年の伊勢湾台風では井阪橋付近で紀の川から溢れた氾濫流による浸水被害が発生している。また、近年では内水による浸水被害も発生している。

岩出狭窄部は川幅が狭く、貴志川の合流により土砂が堆積しやすく、紀の川で治水上のネックとなっているため、2016年度（平成28年度）から概ね5年間で対策を実施する。

対策事業の実施内容としては大きく2つに分けられ、1つは河道掘削、もう1つは拡幅水路の整備である。

3. 拡幅水路について

(1) 工事の概要

拡幅水路の整備を行う工事である「岩出狭窄部拡幅水路工事」について説明する。本工事の工期は2017年（平成29年）9月29日から2020年（令和2年）2月28日であり、岩出狭窄部右岸側の河道を拡幅することで、岩出狭窄部の流下能力を向上させることを目的とした工事である。

また、1949年（昭和24年）より始まった「十津川紀の川総合開発事業」が進められた結果、紀の川には農業用水を引くための水路が数多く存在している。本工事施工箇所についても、農業を目的として取水するために川をせき止める施設である岩出頭首工が設置されている。本工事では河道の拡幅を行うとともに、将来的な農業用の取水が滞りなく行えるようにする。

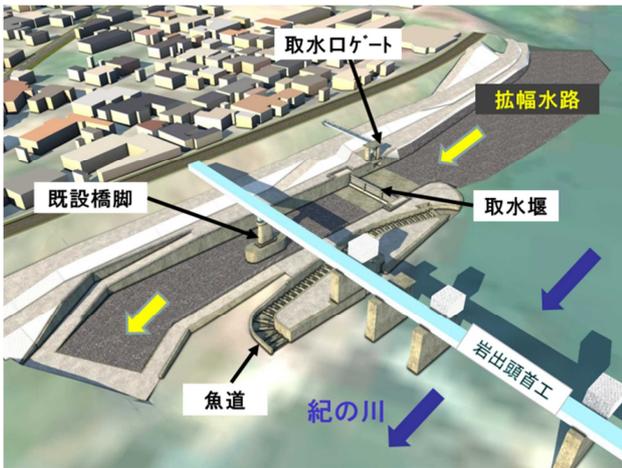


図-1 施工後イメージ図

(2) 工事における課題点

拡幅水路の整備を行う際、岩出頭首工管理橋の橋脚及び魚道の近傍の岩掘削を行う。構造物の損傷や地盤の緩みに配慮する必要があるため、低振動で掘削できる工法が求められる。さらに、当工事箇所においては民家が近接しており、振動だけでなく騒音についての配慮も求められる。

本工事は入札時に、社会的要請への対応に関する項目として、「近接する既設構造物や民家等に対する工事影響の軽減のための工夫とその効果」について技術提案を求め、その提案内容を評価して落札者を決定する総合評価落札方式の工事である。

次章以降では、本工事受注者が提案した岩盤切削工法について説明する。

4. 岩盤切削工法について

(1) 工法概要

本工法は、奥村組土木興業株式会社とドイツのヴィルトゲン社が共同で開発した岩盤切削機を使用するもので、軟岩から硬岩まで幅広い領域の岩盤に対して、低騒音・低振動な切削を実現するものである。

1999年に新技術情報提供システム（NETIS）に登録され、2009年8月には「少実績優良技術」として評価されている。（2015年11月20日で掲載終了）

(2) 岩盤切削機の仕様

岩盤切削機は、切削ビットを螺旋状に装着した掘削用回転ドラム（切削ドラム）を胴体中央部に配置し、本体の自重を反力として、切削ドラムを前方へ掻き上げる方向に回転させることによって連続的に岩盤を掘削するものである（図-2）。岩盤切削機的主要仕様は表-1に示すとおりであり、切削幅は2.5m、最大切削深さは35cmである。標準的な条件での掘削能力は、中硬岩の場合が200～250m³/日、硬岩の場合が50～100m³/日である。

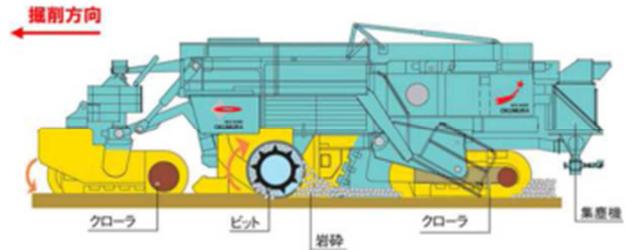


図-2 岩盤切削機(2500SM)の構造概要図

表-1 岩盤切削機の仕様

項目		単位	2500SM
機械寸法	全長	mm	12,920
	全幅	mm	3,710
	全高	mm	4,090
	重量(作業時)	kg	133,000
切削ドラム	切削幅	mm	2,500
	最大切削深	mm	350
	直径	mm	1,400
	回転数	rpm	47
	ビット本数	本	114
走行性能	定格出力	kw(PS)	895(1,217)
	作業速度	m/min	0～25
	走行速度	km/h	0～3.9
	登坂能力	度(%)	20(36)
	最小回転半径	m	15



写真-2 岩盤切削機(2500SM)

(3) 活用箇所

岩盤切削工法の活用箇所については、図-3に示す範囲に加え、拡幅水路部上流側についても掘削を行った。また、構造物から10cm程度の範囲については岩盤切削工法で施工できないため、鉛直壁の岩掘削で実績がある「硬岩溝切削機」を使用した。

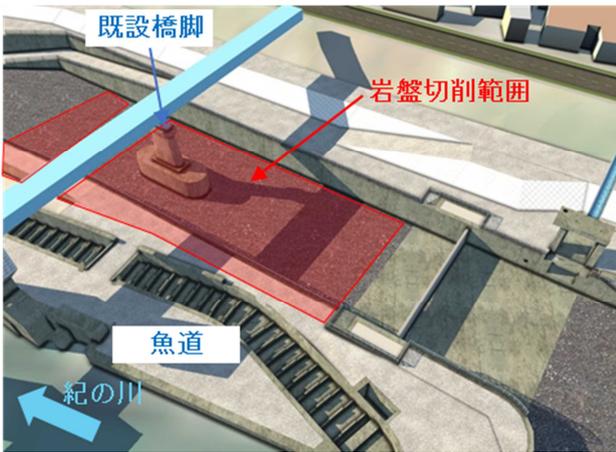


図-3 既設橋脚および魚道近傍の掘削範囲

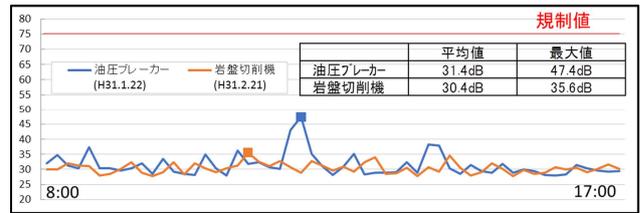


図-4 振動測定結果比較

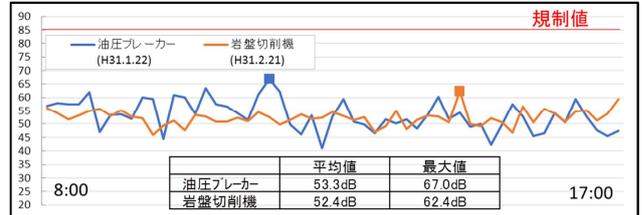


図-5 騒音測定結果比較



写真-3 硬岩溝切削機

表-2 計測管理値

	1次管理値	2次管理値
鉛直変位	±8.0mm	±10.0mm
傾斜角	±3.9分	±5.1分

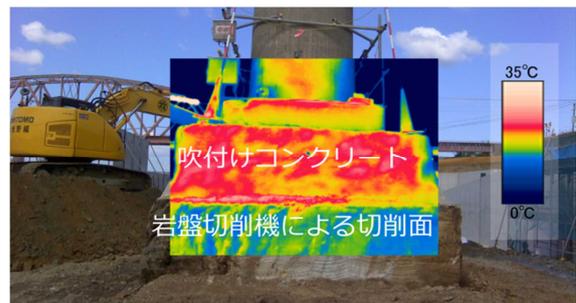


写真-4 赤外線による温度分布

5. 課題に対する効果の検証

実際に現場にて活用した岩盤切削機について、工事における課題点が実際の施工において解消されているかどうかを検証する。

(1) 家屋への影響

敷地境界にて振動を測定した結果、岩盤切削機を使用した日の最大値は35.6dB、平均値は30.4dBであり、規制値を下回っている。

また、同じく敷地境界にて騒音を測定した結果、岩盤切削機を使用した日の最大値は62.4dB、平均値は52.4dBであり、規制値を下回っている。

(2) 既設構造物への影響

橋脚の変位について継続的に計測しており、既設橋脚本体および基礎部にプリズムを設置して、掘削開始から橋脚保護完了まで、3次元変位を自動計測して監視を行った。掘削開始前の事前計測により、管理基準値を表-2のとおり定めたが、施工期間中に1次管理値を超えること

はなかった。

前節にて述べた振動の計測結果を見ると、油圧ブレーカーと比べて突発的に大きな振動が発生していないことから、既設構造物への影響を軽減できたと考えられる。

6. 現場における考察結果

(1) 切削面の健全性

切削面を赤外線カメラで撮影した結果、切削部と何も手を加えていない部分を比較しても温度変化は見られなかった。

また、本施工現場によるものではないが、発破による残壁と切削機を用いた施工による残壁を比較すると、切削機による残壁の方が温度は低い状態であった。これは、発破により亀裂が生じている範囲は外部から供給される熱が均一に壁内部へ拡散せず表面温度が上がるのに対して、健全な範囲は熱が均一に壁内部へ拡散するこ

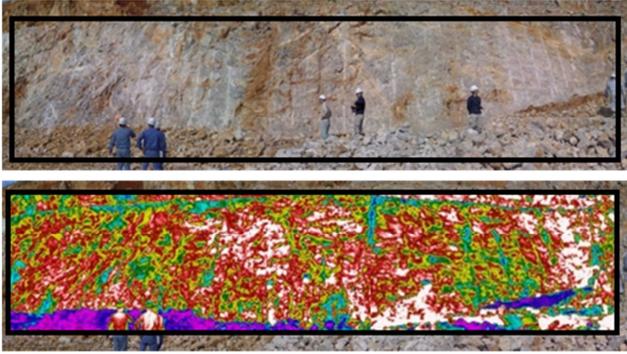


写真-5 発破（プレスプリッティング工法）による残壁の温度分布状況（参考）

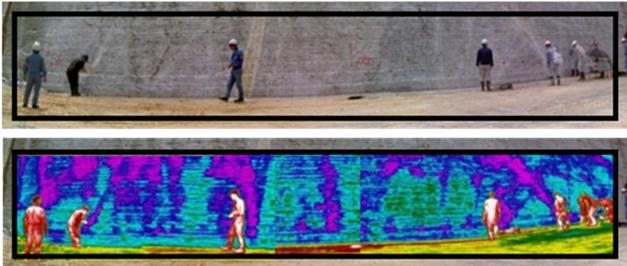


写真-6 岩盤切削機による残壁の温度分布状況（参考）

とにより表面温度が上がりにくいことによるものである。

このことから、岩盤切削工法による切削面の健全性は高いといえる。

(2) 作業効率の向上

中硬岩に対して油圧ブレイカーを用いた場合、1台当たり掘削量は41m³/日であるが、岩盤切削機を用いた場合の掘削量は、1台当たり200～250m³/日であり、1台分で比較すると約5倍掘削効率が上がる。

さらに、回転式ドラムによる切削面は、油圧ブレイカー等による切削面と比較して平滑に仕上がるため、切削直後に重機等の車両が通行可能であり、作業効率が向上した。

(3) PR効果

今回使用した岩盤切削機は日本に5台しかないものであり、現場で活用している期間内に開催した地元小学生を対象とした現場見学会では、実際に切削している状況を見てもらい、興味を持ってもらえた。



写真-7 切削後の仕上がり面の状況

(4) 岩盤切削工法の課題点

岩盤切削機の大きさや切削ドラムの配置の関係上、岩盤切削機から前後5m程度、横方向に10cm程度の間に構造物があると掘削できないという課題があるが、硬岩溝切削機と併用することで対応可能である。

7. まとめ

岩盤切削機を用いることで、油圧ブレイカーを用いるよりも振動・騒音が低減されていることが本工事現場にて検証できた。また、岩盤を薄層で削り取るため、掘削作業による地盤の緩みも極めて限定的で切削面の健全性が確保されており、近傍の構造物にも損傷は認められない。さらに、作業の効率化という観点からも有効であった。

既存構造物付近での岩掘削や、振動、騒音を与えてはならない施設（民家、病院等）が近くに存在する現場での岩掘削を行う際は、本工法を採用することが1つの有効な手段であると考えられる。

謝辞：本論文の作成にあたり、数々のご指導を頂いた皆様、また日常の議論を通じて多くの知識や示唆を頂いた関係者の皆様に、深く感謝いたします。

参考文献

1) 資源素材学会：機械掘削により整形した残壁の健全性評価（奥村組土木興業株式会社、宇部興産株式会社）

パワーブレンダー工法（中層混合処理工法）による地盤改良について

青木 悠士¹

¹奈良県 県土マネジメント部 技術管理課（〒630-8501奈良市登大路町30番地）

奈良県では、天理市杣之内町において世界遺産や国宝、重要文化財などを多く有する本県の強みを活かし、地域活性化を実現する先駆的な拠点として、なら歴史芸術文化村の整備を進めている。本論文は、当該施設の造成事業における地盤改良の工法選定の経緯と、採用したパワーブレンダー工法（中層混合処理工法）の特性を紹介するものとする。

キーワード 地盤改良，工期，造成

1. はじめに

(1) なら歴史芸術文化村の概要

なら歴史芸術文化村とは、一般国道25号と主要地方道天理環状線が交差する天理市杣之内町において、奈良県が整備を進めている文化・芸術・観光振興拠点である。

（図-1）計画区域の周辺には、史実上日本最古の道である「山の辺の道」をはじめ、環濠集落等の豊かな自然、歴史文化資産を有する美しい景観が広がっている。また、国宝・重要文化財の指定を受けている図書を蔵書する天理大学附属天理図書館や、多様な文化財を所蔵する天理大学附属天理参考館も徒歩圏内にあるなど、文化・芸術振興の拠点として相応しい環境を有している。



図-1 位置図

当施設は約2.9haの計画敷地に、文化財修復・展示施設棟、複合棟、農村交流施設棟など、複数の建物を整備イメージ（案）のように建設する予定である。（図-2）



図-2 整備イメージ（案）

2. なら歴史芸術文化村の整備スケジュール

(1) 整備スケジュールについて

当施設は2021年度中のオープンを目指して整備を進めている。これまでに基本計画の策定（2016年）及び造成設計等（2017年）を実施しており、2018年1月より基盤整備にあたる造成工事に着手した。なお、造成工事の工期末は2019年3月であるが、目標である2021年度中の施設オープンを実現するためには、当工事の完了を待たずして、後発工事である建物建設工事へ、2018年9月までに工事区域の部分引渡しを実施する必要があった。

（図-3）

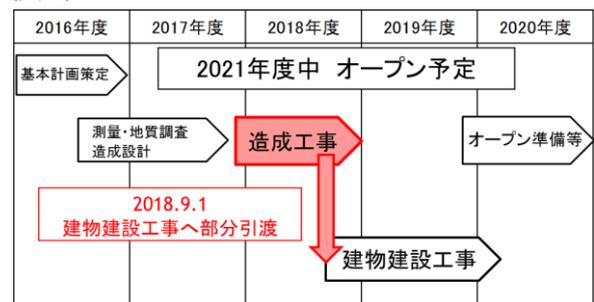


図-3 整備スケジュール

3. 地耐力不足の判明

(1) 造成工事の概要

造成工事の主たる工種は、敷地造成工V=20,000m³、プレキャスト擁壁工L=173m、現場打擁壁工L=87m、調整池工N=4基（V=1,660m³）、鉄筋挿入工N=234本、植生基材吹付工A=530m²である。そして、先述した部分引き渡し範囲は図-4に示す通り、計画敷地の大部分を占めていることから、引渡し期限である2018年9月までに大半の工種を完了する必要がある。（図-4）

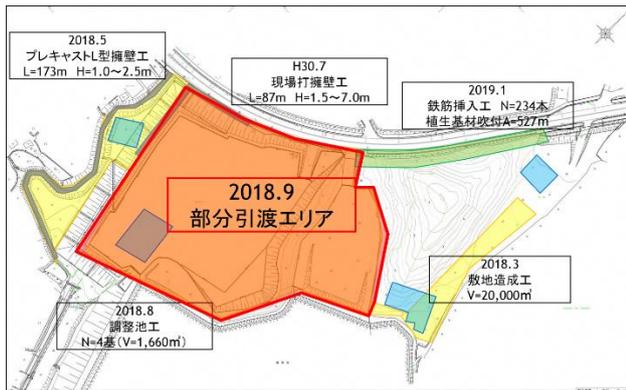


図-4 造成工事の主たる工種と引き渡し範囲

(2) 地耐力不足の判明

建設工事の部分引渡しを5ヶ月後に控えた2018年4月初旬に、現場打ち逆T擁壁の一部及び現場打ちL型擁壁の施工基面において、地耐力不足が判明した。また、地耐力不足が判明した箇所は図-5に示すように、先述した建設工事への部分引渡しエリアに含まれていた。なお、当然ではあるが、地盤改良が完了するまでの間は擁壁工事を再開することが出来ないため、工期の遅延につながる恐れがあった。

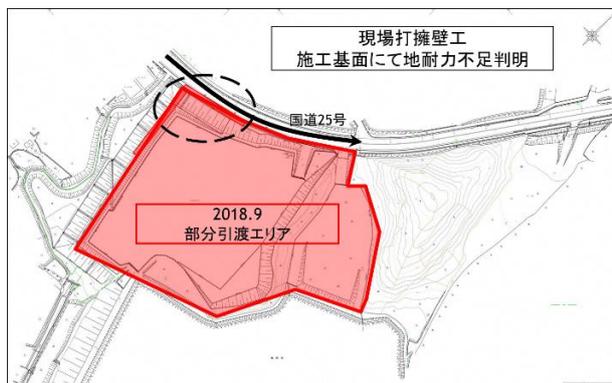


図-5 地耐力不足が判明した箇所

また、L型擁壁の設計地耐力が126kN/m²であるのに対し、現地の地耐力は25kN/m²であり、更に追加でおこなったスウェーデンサンディング試験により、支持層は擁壁の床掘面から深度約7mに位置していることが判明

した。なお、当工事の設計（2(1)で述べた造成設計）に先立ち、計画地内で15本のボーリング調査を含む地質調査を行っていたが、当該地の法止構造物は、計画当初はブロック積擁壁を想定していたため、ジャストポイントでの調査を実施しておらず、近傍地の調査結果から、地質を想定して設計を行った。その後、建築計画の進捗の影響を受け、有効敷地を確保するためL型擁壁に計画変更した。



写真-1 地耐力の確認状況

(3) 施工条件

地耐力不足の解消のため、地盤改良工法を検討することに先立ち、施工条件の整理を行った結果、工期の遵守と前面道路（国道25号）への影響を最小限に抑えることの2点が必要と考えた。

まず工期については、事業目標である2021年度中のオープンを達成するためには、建設工事への部分引渡しは当初の予定通り2018年9月に実施する必要がある。当初擁壁工は3月下旬から7月初旬にかけて行う予定であったが、4月初旬の地耐力不足の判明以後中断している。他の工種を含めて工程を精査した結果、6月中旬から擁壁工の残工事を再開しなければ9月の引き渡しは行えないため、4月初旬から6月初旬の約2ヶ月で地盤改良（設計・契約等の期間を含む）を完了する必要がある。（図-6）

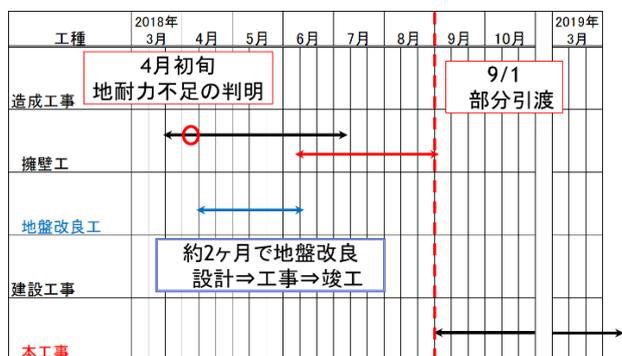


図-6 工程の整理

次に、施工条件の2つ目である、前面道路への影響に

ついて説明する。写真2のとおり、L型擁壁の施工箇所は前面道路（国道25号）に近接していることから、床堀にあたっては仮設土留めを行っている。地盤改良の際は図-5に示す通り改良範囲が道路区域を侵す恐れがあり、既存道路構造物の取り壊し・復旧や、地下埋設物の移設、車両等一般交通の通行規制が必要になる可能性があった。



写真-2 擁壁の床堀状況と前面道路

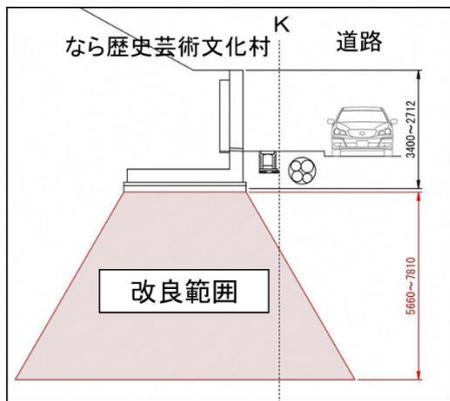


図-7 地盤改良のイメージ図

4. 工法の検討

(1) 工法検討の概要

地盤改良工事の概要と施工条件は以下の通りである。

- ・工事延長 L=45m
- ・施工深度約7m 改良土量V=1,371m³
- ・工期 約1.5ヶ月（設計・契約手続期間等控除）
- ・前面道路への影響について配慮

また、工法比較は以下の5工法で実施した。

- ・置換工法
- ・浅層混合処理工法
- ・杭基礎工法
- ・スラリー攪拌工法（柱状改良）
- ・パワーブレンダー工法（中層混合処理工法）

(2) 置換工法と浅層混合処理工法について

置換工法及び浅層混合処理工法は改良そのものは1ヶ月弱で完了することができるものの、図-8に示す通りそ

れぞれ掘削範囲及び攪拌範囲が道路区域に及ぶため、現実的に期日内の建設工事への部分引渡しは難しいと考えられた。

	置換工法	浅層混合処理工法
概略図		
概要	軟弱地盤をバックホウで掘削・除却し、良質材で置き換える	軟弱地盤と改良材をバックホウで混合・攪拌
工期	30日	23日
施工条件	擁壁前面の国道25号を含めた置換えが必要となるため、道路の取り壊し・交通規制が生じる	

図-8 置換工法・浅層混合処理工法の概要

(3) 杭基礎工法とスラリー攪拌工法について

杭基礎工法及びスラリー攪拌工法は、図-9の概略図の通り、改良体の鉛直施工が可能であることから、前面道路への取り壊し等を回避することが可能である。しかし、前者は杭が受注生産となることが想定されることから、工期の設定が困難であり、建築工事の部分引渡の遅延に繋がる恐れがあった。一方、スラリー攪拌工法（柱状改良）は、施工日数としては約40日必要であり、工期内の施工完了が可能であった。

	杭基礎工	スラリー攪拌工（柱状改良）
概略図		
概要	支持層まで杭を打ち込み、杭の先端支持力によって構造物の荷重を支える	固化剤スラリーを軟弱地盤に注入し、機械攪拌することで柱状に固化する
工期	10日+杭作成日数	40日
施工条件	鉛直施工が可能であり、前面道路の取壊し不要	

図-9 杭基礎工法・スラリー攪拌工法の概要

(4) パワーブレンダー工法について

パワーブレンダー工法は、スラリー攪拌工法と同じく鉛直施工が可能であり、前面道路の取り壊し等を伴わない施工が可能である。また、工期が7日と圧倒的に短いにもかかわらず、経済性もスラリー攪拌工法より優れていたため、地盤改良工法は当工法に決定した。

	パワーブレンダー（中層混合処理）工法
概略図	
概要	特殊攪拌機を装着したバックホウで、軟弱地盤と固化剤スラリーを攪拌混合し固化する
工期	7日
施工条件	鉛直施工が可能であり、前面道路の取壊し不要

図-10 パワーブレンダー工法の概要

5. パワーブレンダー工法の概要

(1) パワーブレンダー工法の概要

パワーブレンダー工法は、中層（改良深度約13m迄）の軟弱土に対し、セメント系固化剤などの改良材を、トレンチャ式攪拌混合機（バックホウ0.8～1.9m³クラスの改造型ベースマシンのアーム先端に正転・逆転する対象形状の攪拌翼を取り付けたもの）（写真-3）を用いて鉛直方向に機械攪拌混合しながら、連続的に水平移動させることにより、多層地盤であっても連続して均一性の高い改良体の造成を可能とする地盤改良工法である。

また、本工法は鉛直攪拌であることから、施工中の土圧を地表部へ解放させるため周辺地盤への変位が少なく、開削（掘削）を伴わないため地下水位が高くても施工が可能である。加えて低振動・低騒音の技術であることから支障物等との近接施工の適応性がある。なお、改良機械はバックホウ0.8m³クラスの改造型をベースマシンに採用していることから狭い通路や傾斜地、上空制限等の施工条件下でも対応可能であり、高い機動性を有している。



写真-3 トレンチャ式攪拌混合機

なお、施工を実施するための事前調査として、地質調査等により地盤の特性を把握することに加え、採取した資料土による室内配合試験を実施し、改良材の現場配合量と水セメント比を決定する。

ただし、施工実施にあたっては、改良材を作成するためのプラント（写真-4）を場内に設置する必要があり、約100m²のヤードを要することにも留意が必要である。



写真-4 プラント設置状況

本工事では、事前調査を約2週間で終えた後、本格的な施工に着手し、プラントの設置撤去を含め土量V = 1371m³の改良を約10日で完了した。（写真-5）これにより、6月初旬に擁壁工事を再開し、当初予定していたとおり9月に部分引渡しを終えることができた。



写真-5 地盤改良工の完了状況

6. おわりに

今回の工事では厳しい工程のなか、パワーブレンダー工法を活用することで実工期としては約1ヶ月で地盤改良を完了することができた。一般的な置き換え工法と比較すると、工期を20日短縮できたうえに、前面道路の取り壊し・復旧に係る工期の遅延と車両等一般交通の規制を回避できたことから、本工法を選択したことは妥当であったと考える。

なお、本工法の活用事例としては、今回の擁壁基礎の他に補強土壁基礎、道路路体改良、護岸基礎、液状化対策等の実績があることから、今後も多くの土木現場の軟弱地盤対策の課題解決策となることを期待したい。

最後に、本工事の設計・工事にご協力いただいた方々、また現在、引き続き本事業にご尽力いただいている方々、そして工事施工にご理解いただいている地元の皆様に、この場を借りて深く御礼申し上げます。

参考文献

- 1) パワーブレンダー工法協会：パワーブレンダー工法（中層混合処理工）技術資料

トンネル覆工作業の効率化による サイクル工程短縮

横山 泰之¹, 鴻野 宏志²

¹広島県 東部建設事務所 工務第二課 (〒720-8511広島県福山市三吉町1-1-1)

²近畿地方整備局 企画部 技術管理課 (〒540-8586大阪府大阪市中央区大手前1-5-44)

十津川温泉北トンネルは、奈良県十津川村の1,432mのトンネルである。本トンネルの工事では、セントル2基を用いて66時間のコンクリート養生時間の確保を行い品質を向上させただけでなく、吹付面平滑カッター等を用いてセントルセットのサイクル工程の短縮を行い工事現場の4週6閉所を実現した。本論文はトンネル覆工作業の効率化によるサイクル工程の短縮を行ったことが、トンネルの品質と作業員の働き方に与えた影響について報告するものである。

キーワード 山岳トンネル, セントル2基, 働き方改革, 施工効率化

1. はじめに

国道168号五條新宮道路は奈良県五條市から和歌山県新宮市を結ぶ延長130kmの地域高規格道路である。図1に示すように、紀伊半島内陸部を南北に縦貫する幹線道路として、防災・人と物の流れの活発化・地域の活性化のために必要不可欠な道路であり、国と県で整備を行っている。

そのうち、十津川道路は奈良県吉野郡十津川村大字平谷から十津川村大字小原を結ぶ全長6.0kmの区間であり、崩土・落石による通行止めの解消、災害時の安定した交通の確保において重要な役割を担っている。



図-1. 十津川道路位置図

の4.3kmの区間については平成23年9月に開通している。十津川温泉北トンネルは残区間1.7kmのうちの1,432mのトンネルでNATM工法によって施工されており、平成31年3月に工事が完了した(図-2)。



図-2. 十津川温泉北トンネル位置図

高い品質のトンネルを作るためには、十分なコンクリートの養生時間を確保しひび割れなどを抑制する必要がある。しかし、覆工コンクリートは標準案では2日に1回コンクリート打設を行い、打設後18時間で脱型するため、若材齢時での脱型はコンクリート強度が低いので自重による変形を生じやすくひび割れの潜在的な原因となりやすい(図-3)。そのため、品質の向上のためには可能な限り養生時間を長く取る工夫が必要である。

その十津川道路のうち、十津川村大字折立から大字小原

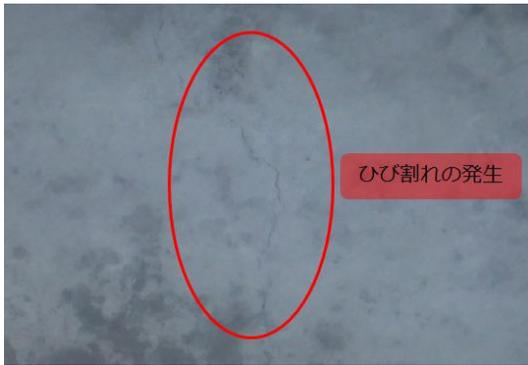


図-3. 若材齢時での脱型によるひび割れ

しかし、今日トンネル工事も含む建設業の労働時間は他業種に比べて極めて長く、完全週休2日制の普及状況も極めて悪い(図-4)。建設業における働き方改革は喫緊の課題である。特にトンネル工事については、週3回のコンクリート打設を行う場合、そのサイクル工程から週休1日が避けられない(図-5)。その場合4週4閉所で他の職種に比べて厳しい労働環境となってしまうことから、厚生労働省が推進している働き方改革の浸透が薄い職種の1つとなっている。

現在日本では急速な少子高齢化が進んでおり、今後更なる生産年齢人口の減少に直面すると考えられる。そのため、今後長年に渡って土木の現場の担い手を確保し、インフラの維持をしていくためには、働き手の意欲や能力を存分に発揮できる環境を作ることが極めて重要になる。

完全週休2日制の普及状況(28年)

区分	週休2日	
		完全週休2日
全産業(※1)	88.6	49.0
建設業(※1)	83.7	27.4
製造業(※1)	90.6	49.3
(参考)建設業(※2)	24.5	8.9

(厚生労働省HPより(2018))

図-4. 各産業の月平均総実労働時間と週休2日の普及状況(厚生労働省HPより)



図-5. 標準的なトンネル工事の施工サイクル

今回、十津川温泉北トンネルにおいて覆工作業の効率化を行うことでサイクル工程の短縮を行ったことが、トンネルの品質と作業員の働き方に与えた影響について報告する。

2. 十津川温泉北トンネルの工事概要

(1) 十津川温泉北トンネルの諸元

十津川温泉北トンネルは2車線の道路トンネルであり、トンネル延長は1,432mで一般部の内空断面積は54m²である。掘削は起点側から片押しで行った。地質は中生代白亜紀の含礫頁岩で、最大土被りは329mであった。支保パターンを図-6に示す。

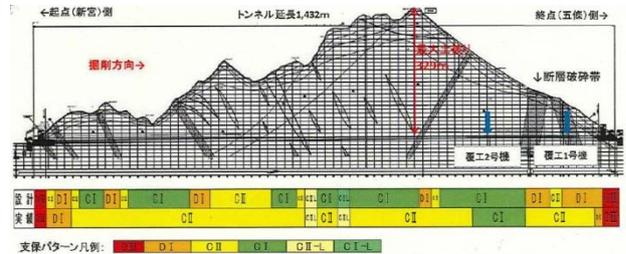


図-6. 十津川温泉北トンネルの支保パターン

(2) セントル2基を用いた覆工方法

本工事では2基のセントルを用いて覆工作業を行った。セントルを2基用いることで、通常材齢18時間での脱型を材齢66時間(18時間+48時間)まで脱型せずに養生することができ、コンクリートの品質を向上させることが可能となる。従来の山岳トンネルの覆工コンクリートは標準的に2日に1回の打設サイクルであり、2日間のうちコンクリートの養生期間は18時間程度と短く、強度発現が低いうちに脱型するため、脱型時の自重による変形やひび割れの潜在的な要因となっていた。

本工事では、トンネル内にセントル2基を配置し、掘進方向に向かってそれぞれ覆工を行った。セントルの1号機と2号機でそれぞれ覆工を進め、セントル2号機がセントル1号機の覆工済みの部分に追いつく前に、セントル1号機をあらかじめ更に先まで移動させ覆工を再開した。その後、セントル2号機が1号機の覆工済みの部分に追いついたら、セントル1号機が先に覆工していた部分に移動させ、再度覆工を開始した。この工程を繰り返すことで覆工を行った(図-7.1, 図7.2)。

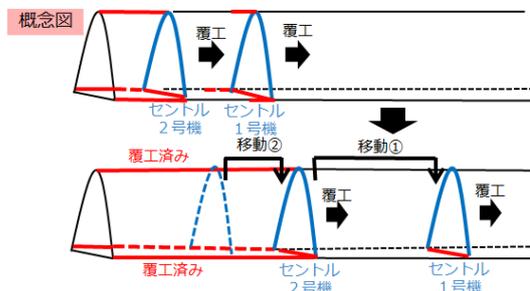


図-7.1. セントル2基を用いた覆工の流れ

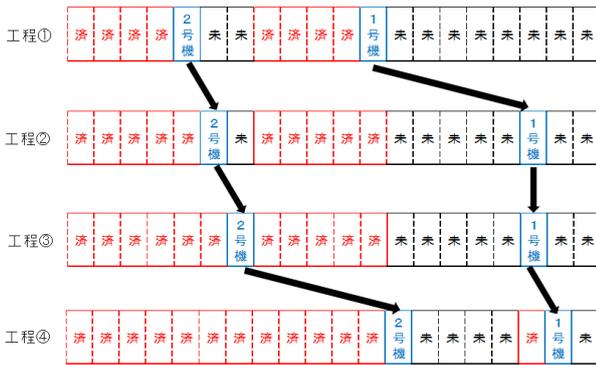


図-7.2. セントル2基を用いた覆工の流れ

本工法を行うことで66時間の養生時間を確保できるため、通常の18時間養生の場合と比較してコンクリートの圧縮強度を約4倍まで高めることができる(図-8)。

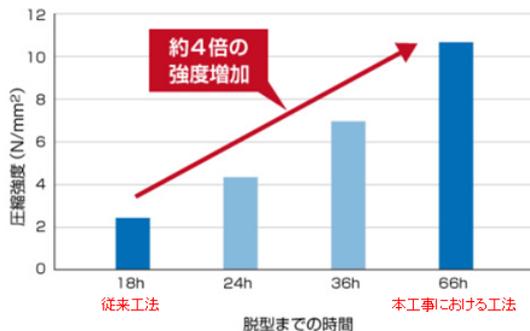


図-8. 養生期間延長によるコンクリート圧縮強度 (鹿島建設HPより抜粋・加筆)

本工事では途中やむなくセントル1基での打設を行った区間があったが、セントル1基で打設を行った区間の1mm未満のひび割れは1打設ブロックあたり1.3箇所であったのに対し、セントル2基での打設を行った区間では1打設ブロックあたり0.15箇所であり、ひび割れ箇所は1/10程度にまで減少し大幅な品質の向上が見られた(表-1)。

表-1. セントル数とひび割れ箇所数

セントル数(打設ブロック)	ひび割れ箇所数(箇所)	1BL当たり平均ひび割れ箇所数(箇所)
1基(13BL~22BL) 養生時間18時間	13	1.3
2基(1~12, 23~141BL) 養生時間66時間	20	0.15

しかし、本工法は品質向上を目的とした工法でありセントル2基を用いても週休は通常工法と同じく1日のみである(図-9)。そこで本工事ではセントルセットの時間を短縮することでサイクル工程の短縮を行った。その方法を次項に示す。

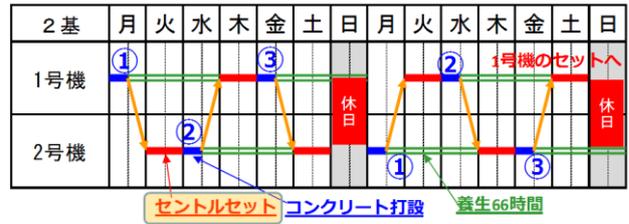


図-9. セントル2基を用いた場合の通常の施工サイクル

3. サイクル工程短縮方法

(1) 吹付面平滑カッターによる覆工背面平滑化

通常、支保工間の吹付には凹凸ができる。吹付に凹凸ができると覆工厚のばらつきによる妻型枠の調整や再加工の必要が生じるため、作業時間の増大につながる。本工事では、トンネル延長の80%以上を占めるC II区間に合わせて吹付面平滑カッターを作成し、支保工間の凹凸をそぎ落として平滑化した(図-10)。これにより、覆工巻厚が均一になり、妻型枠の調整や再加工の時間が大幅に軽減されただけでなく、防水シート設置の作業時間も短縮することができた。



図-10. 吹付面平滑カッターと吹付面

(2) 作業員配置の効率化

サイクル改善前は1号機のコンクリート打設・2号機のセントルセットはそれぞれ覆工班5人全員で作業し、完了後全員で移動して次の作業に着手していた。しかし、コンクリートが天端近くまで到達すると5人の作業員は人員過多となるため、5人中2人はその時点で2号機のセントルセットに着手するようにした。その結果、1日間で1号機のコンクリート打設を行いつつ、2号機の妻型枠組立までを完了できるようになり、1日あたりの作業時間短縮にも繋がった。



図-11. 改善前後のサイクルタイム比較表（コンクリート打設～妻型枠組立）

4. サイクル工程短縮結果

まず、吹付面平滑カッター・作業員配置の効率化などの取り組みにより、セントルセットのサイクルタイムの短縮を行うことができた（図-12）。改善前は11時間拘束で10時間労働が必要であったが、この改善により9時間拘束の8時間労働とすることができ、拘束時間の縮減につなげることができた。

また、施工全体のサイクルタイムは図-13のようになり、改善前はコンクリート打設を1週間で3回しか行うことができなかったが、この改善により1週間に4回のコンクリート打設が可能となった。これにより、4週6閉所が可能となり、作業員の労働環境を改善することができた。

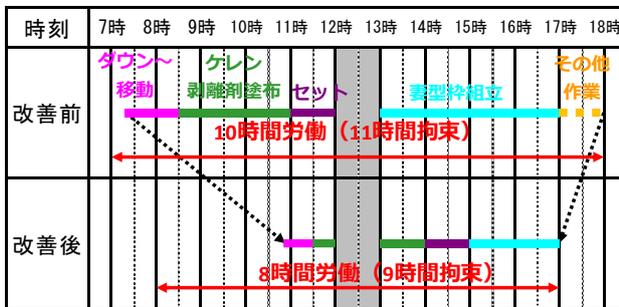


図-12. 改善前後のセントルセットのサイクルタイムの比較

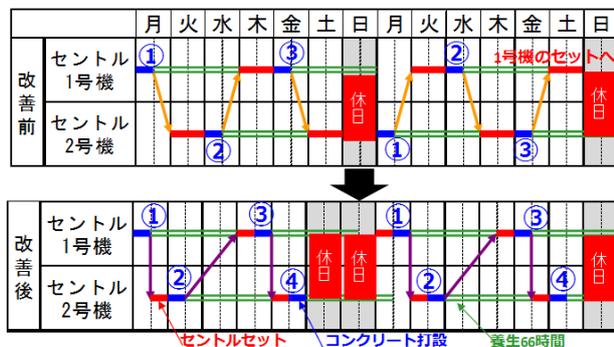


図-13. 改善前後のサイクルタイム比較表

5. 更なるサイクル工程の短縮に向けて

今後覆工コンクリートの品質を確保しつつ、週休2日制の実現に取り組んでいくためには、サイクル工程を更に短縮していく取り組みが必要である。

今回、標準の養生時間である18時間に2日分（48時間）を加えることで66時間の養生時間を確保した。将来的に更なる工程の短縮を行うため、養生時間を62時間にする案を提案する。

コンクリートの打設時間を66時間とした場合、図-14に示すように経過4日目の午前中に養生の待ち時間が生じてしまう。そこで養生時間を62時間とすることで朝8時からの脱型開始・セントルの再セットができ、4日目の午後からコンクリートの打設が可能となる。

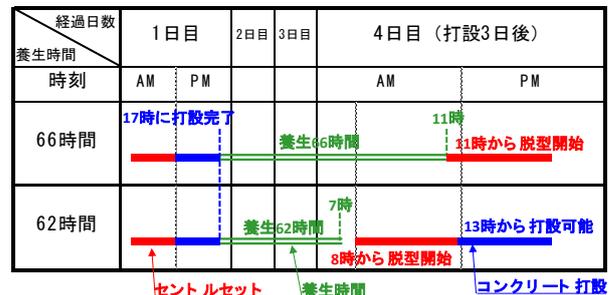


図-14. 66時間養生と62時間養生の打設サイクル比較

品質についても、図-8に示すように62時間の養生期間を確保すれば従来工法の18時間養生の場合と比較すれば高い圧縮強度となり、相対的に良い品質が確保されることが想定される。

66時間養生とした場合と62時間養生とした場合のサイクル工程の比較表を図-15に示す。養生時間を62時間とすることで4回目のコンクリート打設を金曜日の午後に行うことができるようになり、土曜日午前中を休みとすることが可能となり、4週8休を実現でき、更なる働き方改革の実現が可能となる。

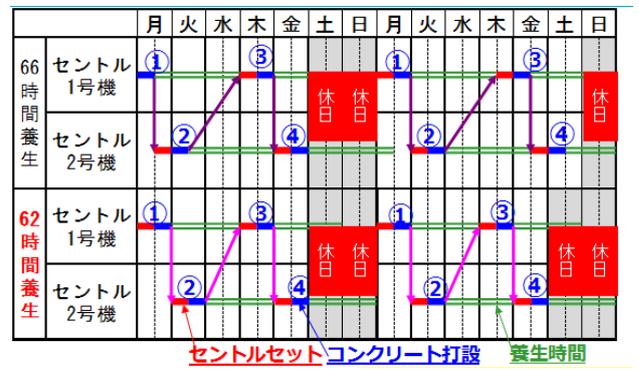


図-15. 66時間養生と62時間養生の場合のサイクルタイムの比較

6. まとめ

十津川温泉北トンネル工事において、セントル2基を用い、セントルセットの効率化を行うことで、標準の工期の中でトンネル品質の大幅に向上させただけでなく、4週6閉所を実現することができた。今後、養生時間を62時間とすることで高い品質を維持したまま4週8閉所も実現可能である。しかしながら、6日間働いて多くの賃金を得たい技術者もいる一方で、週休2日を確保シワ

ークライフバランスを大切にしながら働きたいという若手技術者もいる。

少子高齢化に伴う生産年齢人口の減少や働き方のニーズの多様化が進む今日、建設業界においても多様な働き方を選択できる社会を実現し、働く人一人ひとりが意欲的に働ける環境を整えていくことが、今後の建設業界の人手不足解消に繋がると考えられる。本報告がトンネル工事及び建設業界の働き方を考える上での一助となれば幸いである。

かわまちづくり事業計画立案における CIM・AR等を用いた合意形成について

川内 嘉起¹

¹近畿地方整備局 紀伊山系砂防事務所 (〒637-0002奈良県五條市三在町1681)

「かわまちづくり」は、河川空間とまち空間が融合した良好な空間形成を目指す取り組みである。淀川河川事務所管内では、京都府和東町において和東町木津川かわまちづくりとして事業展開していく予定である。昨年発足した和東町木津川かわまちづくり協議会ならびに地元説明会においてCIM, AR等の技術を用い、参加者と整備前後の3次元での視覚的イメージの共有や、整備後の周辺環境を仮想体験することができた。CIM, AR等の技術を用いた関係機関合意形成について報告する。

キーワード かわまちづくり, CIM, 3次元モデル, AR, 合意形成, 住民説明

1. はじめに

(1) 木津川の概要

木津川は、鈴鹿山脈、布引山地に源を発し、上野盆地を貫流して、岩倉峡に代表される山間渓谷を蛇行しながら流下し、大河原において名張川と合流してからは、京都府最南端の山城地域を縦断し、山城地で宇治川、桂川と合流して淀川となる流路延長99km、流域面積 1,596km²の一級河川である。

(2) 和東町木屋地区の概要

和東町は、京都府の南部、木津川流域に位置し、北東部は滋賀県に接している。

町の中央を和東川が流れ、古くは興福寺などの荘園として繁栄した。また、宇治茶の主産地としても知られ、煎茶の生産量は京都府下第1位を誇っている。豊かな自然を生かした公園や遊歩道なども整備が進められ、やすらぎと憩いの場として訪れる人が増えてきている。

和東町の木津川沿いに位置する木屋地区(図-1)は、709年から始まる平城京造営に伴い、和東山山の木材の積み出し港である「木屋浜」として栄えた。和東山山で伐り出された用材は木屋峠を越えて和東郷木屋浜に運ばれていた。

江戸中期ごろまでは、近江国信楽の陶器や和東郷諸村の年貢米も舟積みされ、和東郷の外港的機能を果たしていた。近世は、農林産物が、木屋浜から淀舟に積み込まれ大阪・京都へと出荷されていた。このようにおよそ大正頃までは港として栄えていた。

(3) 和東町木津川かわまちづくりの概要

現在、和東町は宇治茶の4割弱を生産する産地であり、

茶源郷として町の特産品である宇治茶をPRしている。町の中心街だけでなく和東町の川の玄関口にあたる木屋地区において、さらに町の特産品のPR、かつての賑わいを復活させるため、地域の魅力ある“かわ”と“まち”の資源を融合し地域活性化をめざす取り組みとして、2018年にかわまちづくり制度を活用することになった。

そして、2019年1月に和東町から「和東町木津川かわまちづくり」事業が申請され、2019年3月8日に「かわまちづくり」の計画が認定され、今後事業を実施していく予定である。

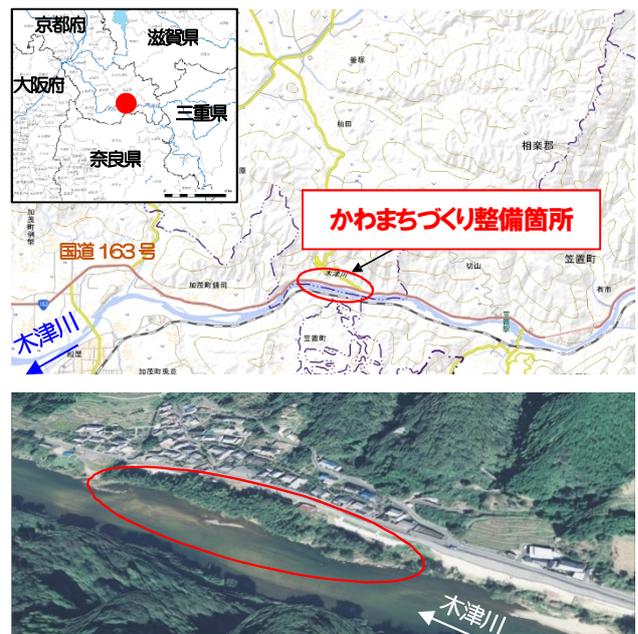


図-1 和東町木屋地区の概要 (位置図・航空写真)

本稿では、かわまちづくり計画の事業計画立案に際して、かわまちづくり協議会や地元説明会において、CIM、AR等を用いて合意形成を図った事例を報告する。

2. かわまちづくりとは

(1) かわまちづくり支援制度

かわまちづくりとは、地域の景観、歴史、文化および観光基盤などの「資源」や地域の創意に富んだ「知恵」を活かし、市町村、民間事業者および地域住民と河川管理者が連携して水辺整備を行う事業であり、河川空間とまち空間の融合が図られた良好な空間形成を目指す取り組みである。

河川管理者（国土交通省）は、かわまちづくり支援制度に基づき、治水上および河川利用上の安全・安心に係る河川管理施設の整備等を通じて、市町村等による「かわまちづくり」計画について、ソフト面・ハード面で事業を支援する。かわまちづくりの概要を図-2に示す。

(2) 地域のニーズ

和東町では、特産品の和東茶のほか、野菜などを町の中心部の和東茶カフェで販売している。このような物販を大阪から中京圏への主要ルートであり交通量の多い国道168号沿いの木屋地区で実施したいというニーズがある。また、木屋地区の約2km上流の笠置キャンプ場付近がカヌーの出発地点となっており、休日は笠置キャンプ場を通過して木津川市まで川くだりが実施されていることから木屋地区もカヌー降り場としての利用のニーズがある。このように、和東茶カフェ、笠置キャンプなどの周辺施設と連携しながら、かつて和東茶や材木を運搬した川の玄関口としての木屋浜の賑わいを復活させることが求められている。

このような和東町の要望をかわまちづくりとして実現するために、2018年9月にかわまちづくり協議会の準備会が開催され、10月にかわまちづくり協議会が設置された。

(3) 整備内容と役割分担

和東町木津川かわまちづくりの整備メニューとして、河川管理者（淀川河川事務所）は、高水敷整正、階段護岸、坂路などの基盤整備を実施し、自治体（和東町）は、駐車場、トイレ、サイクルスタンドなど施設整備やソフト施策を実施する計画となっている（図-3）。これらの計画が「かわまちづくり」として認定されるためには、関係者の合意形成を図り「かわまちづくり申請書」を作成し、国土交通省に申請する必要がある。

3. CIM・AR等を用いた合意形成について

(1) CIM、AR等を活用した背景

和東町木津川かわまちづくりの事業実施に対して、関係者が積極的であり、早期の認定が望まれていた。そのため、9月の協議会設立のための準備会開催から、申請書提出まで約3か月程度の期間しかなかった（表-1）。

このような状況からも、かわまちづくり申請書作成までの整備メニューおよび利活用に関する内容に関する合意形成については、整備および利活用のイメージの共有を効率的に実施する必要があったことから、CIMおよびAR等を活用した。



図-2 かわまちづくりの概要



図-3 国と町の役割分担

表-1 かわまちづくり申請書提出までのスケジュール

時期	会議
2018年9月上旬	和東町木津川かわまちづくり協議会準備会（趣旨説明）
2018年9月下旬	木屋地区地元説明会（事業概要）
2018年10月上旬	第1回和東町木津川かわまちづくり協議会（協議会設立）
2018年11月上旬	利活用に関する担当者会議（観光関連部門）
2018年11月中旬	基盤整備に関する担当者会議（土木関連部門）
2018年12月上旬	ワークショップ（整備メニュー案に関する協議）
2018年12月中旬	第2回和東町木津川かわまちづくり協議会（申請書内容の確定）
2019年1月下旬	かわまちづくり申請書提出

(2) CIMモデルの作成

CIM(Construction Information Modeling/Management)は、計画、調査、設計段階から3次元モデルを導入することにより、その後の施工、維持管理の各段階においても3次元モデルを連携・発展させて事業全体にわたる関係者間の情報共有を容易にし、一連の建設生産システムの効率化・高度化を図ることを目的とする。

CIMモデルとは、対象とする構造物等の形状を3次元で表現し「3次元モデル」と「属性情報」を組み合わせたものをいう。CIMモデルを構造物や地形などの分類毎に作成・更新・管理することにより、2次元図面から3次元モデルへの移行による業務変革やフロントローディングによって、合意形成の迅速化、業務効率化、品質向上、生産性向上などの効果が期待される。

和東町木津川かわまちづくりは、計画立案の段階であるため、上記のCIMの特徴の内、主に「3次元モデル」の視覚的な面を活用し、合意形成を円滑に図ることを試みた。

図-4に示すようにワークショップの場において、作成したCIMモデルの視点場を動かしながらあるゆる角度からの整備後の状況を示すことにより整備イメージの共有を図った。また、ワークショップ参加者にパソコンを操作してもらうことにより、細部にわたっての留意点などについて議論してもらえることができた。



図-4 CIMモデルによる整備内容の説明風景

(3) AR素材の作成

ARとは、「Augmented Reality」の略で、一般的に「拡張現実」と訳される。実在する風景にバーチャルの視覚情報を重ねて表示することで、目の前にある世界を“仮想的に拡張する”技術である。

図-5に示すように、和東町木津川かわまちづくりの整備箇所において、水面から360度カメラにより現状を撮影し、その上に整備後の状況を書き込むことによりAR素材を作成した。AR素材の提供方法としては、画面を動かすことで体験できるタブレットと、頭の動きに合わせて画像が動く3Dゴーグルの2種類を用いた。

このようにAR素材を作成することにより、図-6に示すワークショップにおけるARの体験風景に示すように、簡単には体験することができないカヌーに乗った視点から整備後の状況を臨場感をもって体験することができ、合意形成およびイメージの共有を図ることができる。

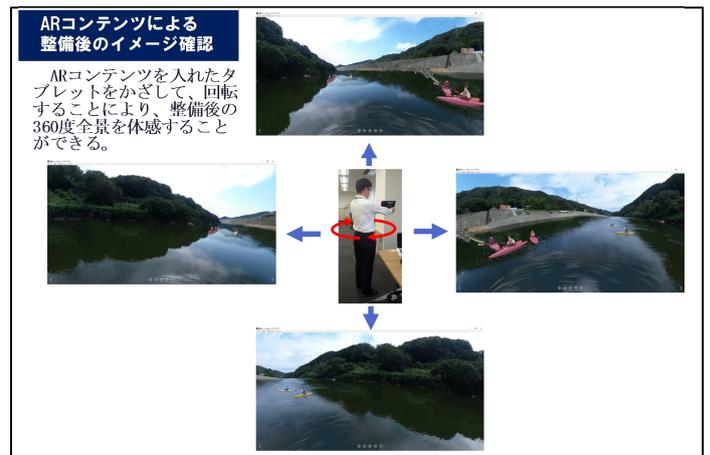


図-5 ARの利用イメージ



図-6 タブレット (左) ・ 3Dゴーグル (右) によるAR体験

(4) CIM, AR等を活用したワークショップの開催

ワークショップにおいては、CIM, AR等の新しい技術に加え、従来から用いられていた整備後の模型も作成した。

このようにCIM, AR等の新しい技術を3次元的な可視化の補足的なツールとしてワークショップを開催することにより、図-7や図-8に示すように、参加者の関心を整備に向け、活発な意見を引き出すことができた。



図-7 模型とワークショップにおける議論の風景



整備内容に関する議論 申請書への意見の反映

図-8 ワークショップの風景

(5) CIM・AR等を活用した効果

かわまちづくり事業計画立案においてCIM・AR等を活用したことにより、以下のような効果があった。

a) 整備イメージの共有と合意形成までの時間短縮

CIM, ARの活用で、参加者が現地状況を確認し、整備イメージを共有することができ、協議会、ワークショップおよび地元説明会の場で、図-9に示すように具体的な修正意見を引き出すことができたため、短時間のうちに合意形成を図ることができた。

【CIM、ARを活用した議論による主な修正意見】

- ・整備範囲を下流に延伸して、トイレ等の設置とともに川際に護岸を整備してほしい。
- ・国道168号からの接続を考慮した場合、坂路は上流側に配置した方がよい。
- ・河積阻害がないように護岸形状を修正した方がよい。

b) 会議における議論の活性化

ワークショップの場において、議論に入る前に席を立ちタブレットや3DゴーグルでARを体験したり、CIMモデルを構築したパソコンに触れてもらうことにより、アイズブレイクの役割を果たし会議の場が和み、その後の議論を活性化させることができた。

【CIM、ARに関する主な感想】

- ・平面のイラストだけよりも具体的な整備内容がイメージできた。
- ・3次元で視点場を変えて確認することにより、現地の状況をより詳しくイメージすることができた。
- ・ARにより普段は見るのが難しい川の水面からのイメージ画像を見ることができ、わかりやすかった。

c) かわまちづくり協議会の活性化

CIM, AR等の新しい技術によるツールを協議会で活用し、協議会での議論に応じて修正していくことにより、かわまちづくり事業の完成および管理に向けて、整備や利活用のイメージを共有でき協議会を活性化することができる。

4. まとめ

このように、かわまちづくりのようにさまざまな立場の関係者間の合意形成に、CIMおよびAR等の視覚的なイメージを示すことができる新しい技術を活用することは有効であることが確認できた。

また、協議会により議論を重ね作成したかわまちづくり申請書を国土交通省に申請し、2019年3月8日にかわまちづくり計画が登録され、2019年4月22日にかわまちづくり伝達式が開催された(図-10)。

今後は、整備内容および利活用、維持管理の具体化に向けて開催されるかわまちづくり協議会においてもCIMモデル, AR素材を随時更新していきながら周辺環境のイメージを共有していくことが求められる。

また、対外的な広報活動においてもこれらのツールを活用することが有効であると考えられる。

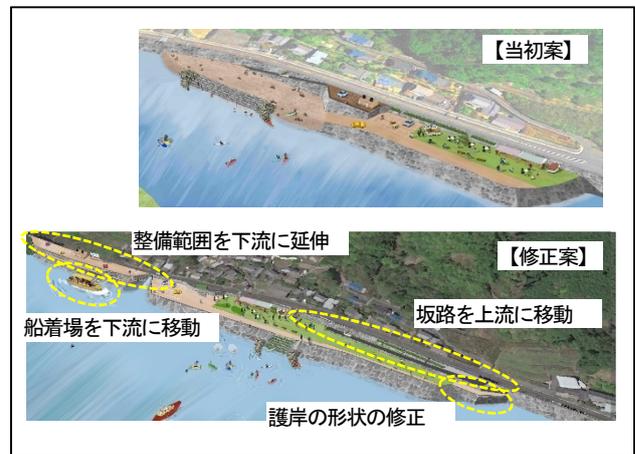


図-9 整備内容の当初案と修正案



図-10 かわまちづくり伝達式の様子

参考文献

1) 和東町町史編さん委員会：和東町史 第1巻(古代・中世の歴史と景観)

道路法面施設の適切な維持管理に向けて ～（主）春日栗柄線 栗柄峠の事例

小薮 あゆみ

兵庫県 丹波土木事務所 公園砂防課（〒669-3309 兵庫県丹波市柏原町柏原 688）

（主）春日栗柄線（栗柄峠）道路改築事業で築造された施設のうち、高盛土部の施設の構造及び施工状況について述べる。また、これらの施設を適切に維持管理していくためには、施設台帳システムへの登録を行う必要があり、このシステムに確実に登録するために必要となる対象施設の抽出及び登録時期についての提案を行う。

併せて、本事業で築造された施設の維持管理に対する課題について、改築事業の最終担当者として私見を述べる。

キーワード 高盛土部，施設台帳システム，維持管理

1. 事業概要

(1) 路線概要

春日栗柄線は、国道 175 号（丹波市春日町）を起点とし、主要地方道篠山三和線（丹波篠山市栗柄）に至る約 13km の主要地方道である（図-1）。丹波市と丹波篠山市境にある栗柄峠は、幅員狭小，線形不良で本路線唯一の未改築区間であった。加えて、道路南側には東西に伸びる切り立った尾根があることから、とりわけ冬期には路面への日照時間が短く、降雪時に融雪が進まず路面凍結がたびたび発生し、交通に支障をきたしていた。

1997（平成 9）年には、JR 福知山線篠山口駅以南が複線化されたことを受け、丹波地域から京阪神方面へのアクセス性が向上した。これに伴い、丹波市



図-1 事業位置図

東部から京阪神方面への通勤通学のため、丹波市から JR 篠山口駅へのアクセスルートとして、栗柄峠を利用する自動車交通量は増加の一途をたどっている。

また、古くからの地域間交流を担う両地域の基幹道路となっており、買い物や通院など、日常生活にも欠かせない路線である。

(2) 事業目的および事業概要

栗柄峠は、道路幅員が狭小かつ線形不良であるとともに、近年の車両の大型化に伴い、多くの区間で車両の離合が困難となっており、接触事故も多発していた。また、落石や法面崩壊の恐れのある道路法面が点在しており、防災面からも安全対策が喫緊の課題となっていた。

さらに丹波市から丹波篠山市内の高校へ自転車で通学する高校生が利用しているが、幅員狭小であるため十分な路肩が確保されておらず、車両と同様、自転車の安全な通行も課題となっていた。

これらの課題を解決し、安全で円滑な交通を確保するため、道路改築事業に着手した。

事業概要は下記の通り。

全体事業延長 L=1100m W=6.0(7.5)m

事業期間 2003(平成 15)年度～2018(平成 30)年度

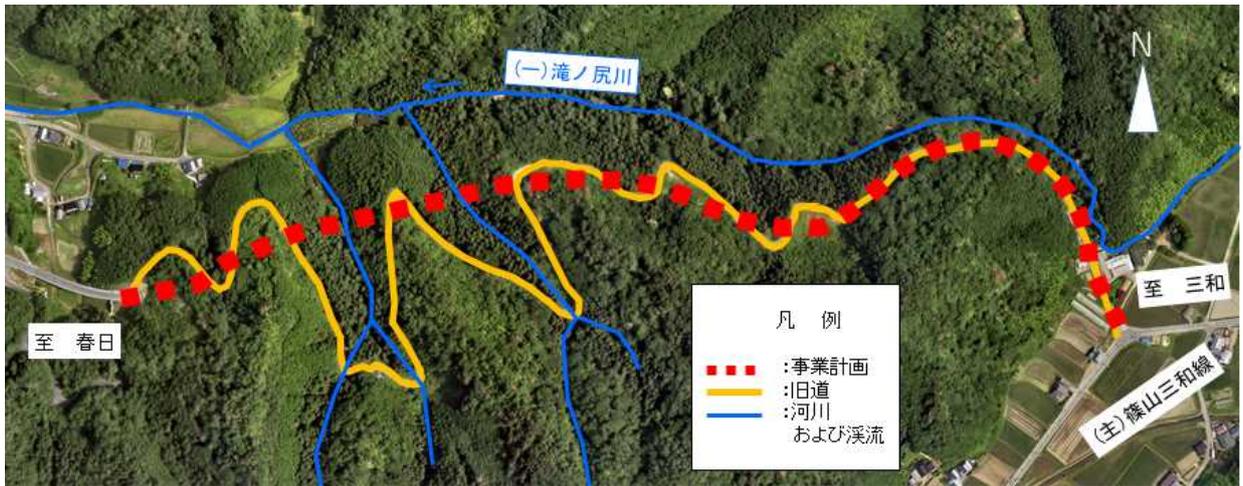


写真-1 春日栗柄線 事業計画 (航空写真)

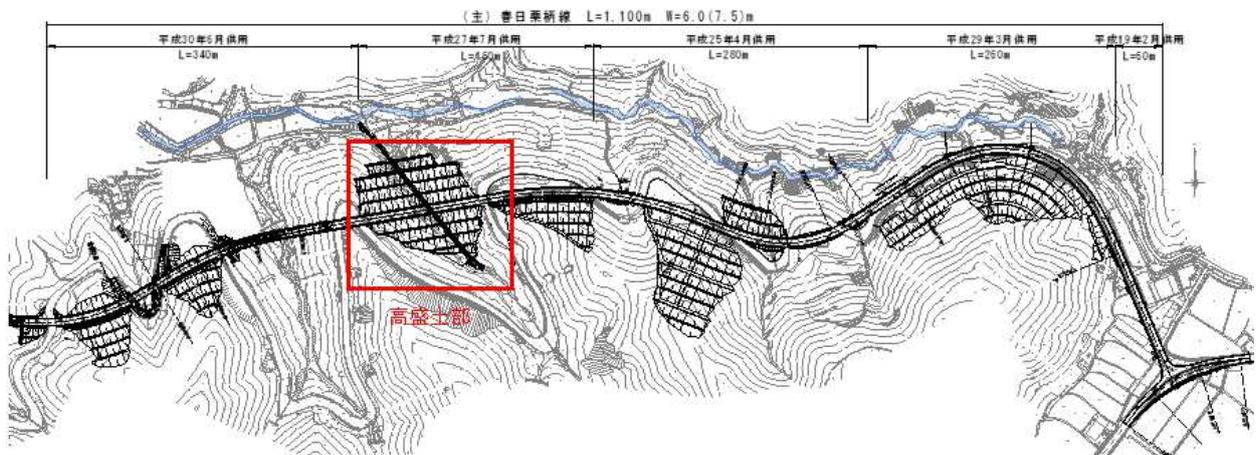


図-2 春日栗柄線 事業計画平面図

全体事業費 C=30 億円

(3) 改築計画

本改築事業の計画は下記のとおり。(写真-1 及び 図-2)

a) 平面計画

曲がりくねった現道を貫き、直線化する線形とし、その交差部を平面・縦断的なコントロールポイントした。これにより、施工時の寄り付きが容易になるとともに工事完了済みの区間から順次供用を開始する部分供用が可能となり、事業効果の早期発現を可能とした。

b) 縦断計画

起点から終点に向かって登り勾配で、事業区間の起終点の高低差は約 48mあり、事業区間全体を通しての平均縦断勾配は 4.4%である。特に起点側約半分の区間では縦断勾配が 6%を超える区間となっている。

c) 土工区間

事業区間には、溪流を跨ぐ区間が二箇所あり、予備設計時は、いずれも橋梁形式にて溪流を跨ぐ計画としていた。しかし、切土区間から発生する大量の土砂を有効利用し、事業費を低減するため、詳細設計時に終点側の一箇所を高盛土とする計画に変更した。(以下、この区間を高盛土部とする。)

また、県道北側法裾には(一)由良川水系滝ノ尻川が流下していることから、補強土壁や軽量盛土を配置し、河川への影響を極力抑える計画とした。

2. 高盛土部の施工状況及びその後の状況

改築事業により築造した様々な構造物のうち、本章では高盛土部に着目して、施工時の状況およびその後の状況について述べる。

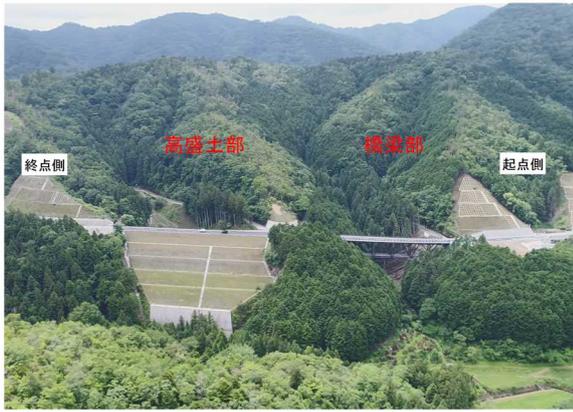


写真-2 高盛土部および橋梁部



写真-3 アーチカルバート上流側状況

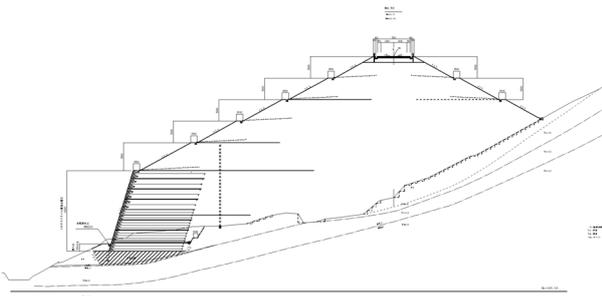


図-3 高盛土部標準横断面図



補強土壁のはらみ出し 壁面材の破断

写真-4 追加補強工事前後

(1) 高盛土部の構造

写真-2 に示すとおり、高盛土部は既存の溪流を跨いで盛土するため、高盛土の底部にはアーチカルバートを設置し、溪流の機能を維持した後、盛土を行っている。

河川への影響を極力抑えるため、法裾部にジオテキスタイル補強土壁工（以下、補強土壁）壁高 $H \approx 20$ m を設置した後、流用土を活用した上載盛土 $H \approx 25$ m による2段階の盛土により構成しており、全高 $H \approx 45$ m の高盛土構造となっている（図-3）。

また、溪流はアーチカルバート構造とし、内空幅は、現況水路幅に管理用通路断面を加えた 2.0m を確保したうえで、維持管理作業を考慮した内空高とした。また、水路は流速 3 m 以下にするため階段水路形状とし、管理用通路も急勾配であるため階段形状とした。

アーチカルバート断面が閉塞した場合、谷部は高盛土部を堤体とするダムとなり、盛土部が水で飽和し、盛土崩壊に至ることが想定されるため、アーチカルバート上流側に流木捕捉を設置し、閉塞対策を行った（写真-3）。

(2) 施工状況

a) 補強土壁の施工

補強土壁の施工時には、流用土を用いることから、盛土材料のばらつきなど、設計時に想定されない不確定要素が多いこと、また施工時の安定性に配慮が必要であることから、通常実施する盛土材の品質管理に加え、動態観測による情報化施工を行った。

なお、設計当時の道路土工指針及び補強土壁の設計施工マニュアルに基づき、補強土壁盛土の設計を実施したが、盛土の自重による不可避な変形が考慮されておらず、また当初から変形抑制対策を行った場合、過大設計を指摘される恐れがあるとの考えから、動態観測施工を進めながら、適宜変形対策（変形予測及び対策工設計）を行う方針とした。

b) 補強土壁の変形および対策工事

補強土壁の大部分が完成した時点で、補強土壁面の一部にはらみ出し、隅部では鋼製壁面材の破断が認められた（写真-4 左）ことから、現状把握と対策工検討のための変形予測を行ったところ、そのまま盛土を継続した場合、ジオテキスタイルが破断し、盛土の崩壊につながる恐れが指摘されたため、追加補強対策工事を実施することとなった。

追加補強工事は、補強土壁前面に鉄筋コンクリート（連続板）受圧板を配置したアンカー工（写真-4 右）とした。

(3) 施工後の状況

高盛土部完成時の動態観測結果から状況を総合的に判断すると、アンカー工が適切に効果を発揮しており、盛土は安定性を保っているとの評価であった。

2015（平成 27）年に部分供用を開始し、約 3 年が経過した 2018（平成 30）年 5 月、全線供用に向け、高盛土部の路面高を計測したところ、高盛土区間全体がほぼ均等に 6～10cm の沈下が観測されたため、2018（平成 30）年 6 月の供用後半年間、計測を継続したが、計測値に明らかな変化はみられなかった。また、壁面材からの土砂流出や高盛土部の上載盛土部における法面や排水施設には、目視では目立った変状は認められなかったため、部分供用開始から全線供用までの約 3 年間に盛土材料の不均質性による圧密沈下が発生したものと考えられる。

3. 改築事業で築造した施設の維持管理

(1) 高盛土部の維持管理について

事業完了に伴い、改築事業で築造した施設はすべて維持管理が必要な施設となった。中でも、高盛土部は道路の重要な構造体であることから、万が一損傷が発生した場合には長期間の通行止めが不可避となり、社会的にも多大な影響が見込まれる。このような事態を回避するためにも、適正な維持管理、計画的な補修は大変重要である。

維持管理には、定期点検など委託業務等による定期的なものに加え、道路パトロールなど自治体職員が主体となって担う日常的なものがある。

高盛土部の日常的な管理は、盛土法面や路面の沈下等の変状、アーチカルバートの閉塞状況確認など、道路パトロールによる巡視確認が主体となる。また、補強土壁や盛土法面、アーチカルバート本体の変状の有無については、道路のり面・土工構造物点検として、定期的に委託業務としての点検が行われることとなる。

(2) 部分供用済区間の施設管理

本事業では 5 工区に分割して部分供用を行い、最終的には最初の部分供用から 11 年がかりで全線供用となった。

私が事業を引継いだ段階で、部分供用済区間にある施設は、すでに維持管理が開始しているものと考えていたが、施設台帳を確認すると、当該区間の施設

は登録されていなかった。

現在施設台帳システムに登録されている道路法面施設は、2013（平成 25）年に国が実施した道路ストックの総点検に基づき、本県でも 2014（平成 26）年に実施した道路法面工および土工構造物総点検結果を施設台帳システムに登録したものである。

このことから、少なくとも総点検時には、部分供用済区間にある施設について、維持管理担当は把握しておらず、点検対象から漏れ落ちた結果、現在も施設台帳システムに登録されていない状況となっていると考えられる。

4 社会基盤施設総合管理システムの活用について

施設を長期的に、かつ漏れなく維持管理するためには、対象施設を確実にデータベースに登録することが重要である。

本県においては、兵庫県社会基盤施設管理システム内にある施設台帳システムがこれにあたり、本事業を担当する中で、確実に施設を施設台帳システムに登録するための方策を検討した。

(1) 社会基盤施設総合管理システム

社会基盤施設総合管理システムは、地理情報システム、施設台帳システム、アセットマネジメントシステム、要望・苦情管理システムからなる、兵庫県が管理する社会基盤施設を総合的に管理するシステムである。

前記システムのうち、施設の維持管理に日常的に用いるのは、施設台帳システムであり、施設台帳および点検台帳が閲覧できる。

表-1 施設台帳一覧
(施設台帳等作成の手引きより抜粋)

分野	台帳様式	帳票番号	台帳作成時期				備考
			新設時		補修時		
			設計	工事	設計	工事	
道路	橋梁台帳	1-1-01	●	●	▲	●	▲：拡幅等
	横断歩道橋台帳	1-1-01-2	●	●	—	●	
	トンネル台帳	1-1-02	●	●	—	●	
	道路照明灯台帳	1-1-03	—	●	—	▲	▲：灯具の取替え等
	道路標識台帳	1-1-04	—	●	—	▲	▲：板の取替え等
	組立歩道台帳	1-1-05	—	●	—	●	
	アングラーバス台帳	1-1-06	—	●	—	●	
	道の駅台帳	1-1-07	—	●	—	▲	▲：増築等
	道路情報提供装置台帳	1-1-08	—	●	—	▲	▲：台帳記載の器具交換時
	異常気象時通行規制装置台帳	1-1-09	—	●	—	▲	▲：台帳記載の器具交換時
	積雪センサー台帳	1-1-10	—	●	—	▲	▲：台帳記載の器具交換時
	凍結センサー台帳	1-1-11	—	●	—	▲	▲：台帳記載の器具交換時
	除雪機械台帳	1-1-12	—	●	—	●	
	消雪施設台帳	1-1-13	●	●	—	▲	▲：台帳記載の器具交換時
	消雪ポンプ遠隔制御装置台帳	1-1-14	●	●	—	▲	▲：台帳記載の器具交換時
道路法面台帳	1-1-15	—	●	—	●		

(2) 登録対象施設の抽出および登録

社会基盤施設総合管理システムの登録マニュアルから道路分野における施設台帳の一覧を表-1に示す。道路法面施設は新設工事完了時に、台帳登録を行うこととなっている。

このルールを新設工事担当者が遵守すれば、仮に部分供用となった場合も、新たに設置した施設は施設台帳システムに登録され、将来の維持管理から漏れることはない。

また、登録対象施設の選定は、施設台帳の作成担当である改築担当者の業務となっており、登録の漏れ落ちがないよう、仕様書への記載や工事検査時の考査項目とするなど一定規模の施設が登録されるようなルール設定がなされている。

(3) 確実な施設台帳登録に向けての提案

前記から、確実な施設台帳システムへの登録を行うために、2つの提案を行う。

1点目は、登録対象施設を確実に抽出するための手法である。画一的に諸元や工法・構造で決定する方法に加えて、施工時に何等かのトラブルがあった施設や構造物の重要性などについて、改築担当のみならず維持管理担当も加えた複数の目線で抽出、決定することが重要であると考ええる。

2点目は、施設台帳システムへの登録時期について、複数回の機会を設定することである。現在のフローでは、新設工事完了時に登録を行うこととなっているが、対象施設の完成が年度末となった場合などには担当職員の異動などによる引継漏れなど、人為的な登録漏れも考えられることから、道路詳細設計時、あるいは工事着手時などにおおよその計画を仮登録するなど、複数の機会を持つことで、登録漏れを防ぐことができると考える。

また、施設台帳様式には、施工中の状況、日常点検項目や点検ルート、点検時の注意点や着眼点などに加えて、今後の維持管理の中で、新たな課題やその対策についても、追記できる施設台帳様式へとアップグレードしていければ、より良い維持管理が可能となる。

5 今後の維持管理の課題

高盛土底部にあるアーチカルバートの閉塞状況は、路面巡視では確認できず、高盛土部を底部まで下り

て、目視確認する必要がある。

また、アーチカルバート断面を閉塞させないように倒木や流木、土砂流入状況、周囲の山林の状況を日常的に確認する必要があり、状況によっては事前に撤去を行うなど、本来の道路管理業務以上の管理が必要となる「手のかかる施設」となってしまった。

地震や台風など、異常時の速やかな確認も必要であり、きめ細かな管理が必要な施設として今後も維持管理を継続できるような手法を検討していかなければならない。

また、供用開始後初めて迎えた冬期には、路面凍結による事故が複数回発生した。これは以前の峠部と比べて、線形、幅員のにも走行性が著しく向上したことが起因していると思われる。今後も永きにわたり、あらゆる通行者が安全に快適に利用できる様な取組みを地域や交通管理者と共に協力・検討して行く必要がある。

6 おわりに

維持管理が必要な施設は、今後も増加すると考えられるが、人口減少による予算の減少等により、現在以上に維持管理費が圧縮されることが想定され、より効率的な維持管理が求められる。

一方で、施設の安全性能は確実に保持する必要があり、少ない人員・予算で施設をいかに健全に維持するのかについても大きな課題である。

本改築事業の最終担当者として、全線供用に携わる機会を得たことで、改築と維持管理について考えるとともに、過去の資料を見返すことで、高盛土部のような「手のかかる施設」を構築するに至ったことを知り、道路計画の難しさ、奥深さについても考える機会となった。

今後、自らが新たな計画に携わる機会を得たならば、この経験を活かし、維持管理と経済性、そして安全性とのバランスが取れた計画を立案できるよう、これからも業務に取り組んでいきたい。

※本論文は従前の所属である道路第1課時の所掌内容である。

すさみ串本道路における 事業推進PPPの効果と課題

伊原 岳宏¹

¹近畿地方整備局 紀南河川国道事務所 工務第三課（〒646-0003 和歌山県田辺市中万呂142）

紀南河川国道事務所では、和歌山県西牟婁郡すさみ町と東牟婁郡串本町を結ぶ一般国道42号すさみ串本道路の早期供用を目指し、民間の持つ技術力を公共事業に取り入れ、官民連携のもと効率的な事業執行を行う、「事業推進PPP（Public Private Partnership）」を近畿地方整備局において初めて導入している。すさみ串本道路事業における事業推進PPPは発足から3年が経過し、事業工程についても調査設計・関係機関協議段階から用地取得・工事推進段階へと展開している。そこで本稿では、現在のすさみ串本道路事業における事業推進PPPについての効果・課題を整理分析した上で、今後の公共事業におけるさらなる官民連携のあり方について提案を行う。

キーワード 事業推進PPP, 官民連携, 早期供用

1. はじめに

現在道路事業には、近年頻発・激甚化している自然災害への備えのためなどから、災害に対する脆弱性の低い道路の早期供用が期待されており、より事業進捗のスピードアップが求められている。そのような背景のもと、本稿では、民間の持つ技術力を公共事業に取り入れ、官

民連携のもと効率的な事業執行を行う「事業推進PPP」について、すさみ串本道路事業を事例に、効果・課題を整理分析した上で、今後の公共事業におけるさらなる官民連携のあり方について提案を行う。

2. すさみ串本道路事業の概要

一般国道42号「すさみ串本道路」（図-1,2参照）は、近畿自動車道紀勢線の一部として、和歌山県西牟婁郡すさみ町と東牟婁郡串本町との間を結ぶ延長19.2kmの自動車専用道路であり、2014年度に事業化された。現在紀伊半島南部にある幹線道路は現道の国道42号のみであり、線形が厳しいことに加えて台風や豪雨などの異常気象発生時には度々通行止めとなっている。そのため、すさみ串本道路は、本地域における災害時の信頼性・安全性の

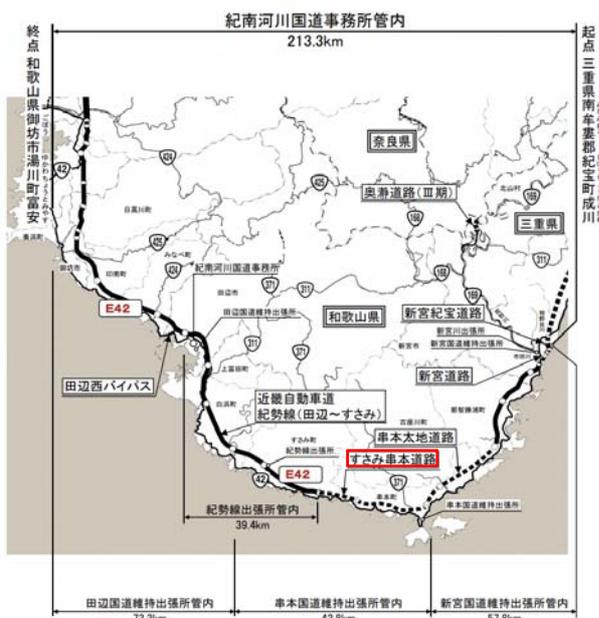


図-1 すさみ串本道路の位置図



図-2 すさみ串本道路の概要

確保、救急医療活動の支援、観光活性化等を目的に整備が行われている。また、近い将来高い確率での発生が懸念されている南海トラフの巨大地震に伴う大津波により、現道の大部分は浸水区間内に入ると想定されており、浸水区間を回避する高さに計画されているすさみ串本道路は、「命の道」として1日も早い供用が期待されている。すさみ串本道路は、既に供用済みとなっている近畿自動車道紀勢線の区間に加えて事業中の串本太地道路（2018年度事業化）・新宮道路（2019年度事業化）・新宮紀宝道路（2015年度事業化）と合わせて紀伊半島を1周する高規格幹線道路となる予定である。

3. 事業推進PPP

(1) 事業推進PPPの概要

事業推進PPP（PPP：Public Private Partnershipの略、以下単に「PPP」とする）は、公共事業として国が行う道路事業に民間事業者の技術力を取り入れ、官民連携のもと効率的な業務執行により早期の道路供用を目指すことを目的に導入された。これまで発注者側（国）が実施していた設計業務や工事に対する指導や関係機関との協議、地元に対する説明などを、事業監理や設計施工等の各分野に秀でた人材を集めた民間事業者チームが分担して実

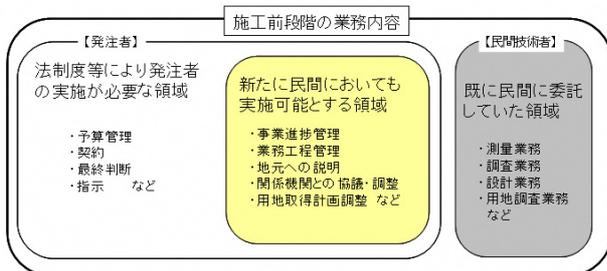


図-3 PPPの役割

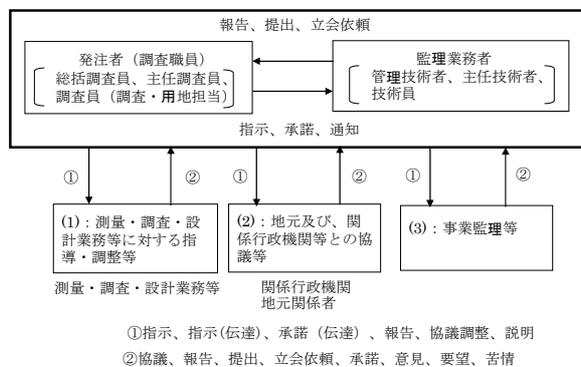


図-4 PPPの体制イメージ

施するものである。最終的な契約に関する事項等の決定権は従来通り発注者（国）側に存在するが、単独での関係機関との調整や業務受注者等への指導を実施できる点が従来の発注者支援業務・行政事務補助業務との大きな相違点である（図-3,4参照）。PPPの最初の事例は2011年に発生した東日本大震災後の三陸沿岸の復興道路であり、通常の道路整備では4年程度かかるとされている事業開始から工事着工までの期間をPPPを導入することで約1年にまで短縮するなど、事業のスピードアップに一定の効果をあげた¹⁾。現在では、震災等の災害復興を目的とした事業に限らず、大規模な道路事業についても全国各地でPPPが導入されはじめている。

(2) すさみ串本道路におけるPPPについて

紀南河川国道事務所では、すさみ串本道路事業の事業進捗に合わせて、2016-2017年度に「すさみ串本道路事業監理業務」を²⁾、2018-2019年度に「すさみ串本道路事業促進業務」を発注し、近畿地方整備局において初めてPPPを導入した。PPPを導入後、2017年には用地取得を開始し、2018年4月には本線道路工事の着手を機に起工式を実施した。2019年度には全線にわたり工事用道路及び本線道路の工事を展開している。

すさみ串本道路のPPPの構成は次表（表-1）のとおりである（2019年3月時点）。プロジェクトを取りまとめ、事業監理を担当する管理技術者を中心に各分野に精通した技術者が集まり事業推進にあたっており、随時事務所職員との調整を実施している。一方、国（事務所職員）は事業課である工務第三課が工事・業務の発注契約手続き、PPPに対する指示、事業や各種業務の方針に関する指示・決定、PPPでは実施できない各種機関との調整、整備局等に対する対応などを行っている。

PPPと事務所職員との意思疎通を図るため、週に1回、事業担当課・用地担当課とPPPの間でPM（Project Management）会議を実施し、用地取得状況・工事や設計業務の進捗状況や課題を共有している。また随時整備局や県庁等地方公共団体の担当者との調整会議を実施している。

表-1 すさみ串本道路のPPPの構成

担当者	役割分担
事業監理担当 (管理技術者)	PPP責任者、内部調整、関係機関協議等
事業監理担当	用地関係地元交渉、工事への引継
事業監理担当	関係機関協議、議事録等整理
調査設計担当	関係機関協議、調査設計業務等受注者指導
調査設計担当	関係機関協議、調査設計業務等受注者指導
調査設計担当	調査設計業務等受注者指導
用地担当	用地買収、借地に関する事前算定、調査等

4. すさみ串本道路PPPにおける効果

(1) 関係機関協議や地元対応の緊密化

PPPを導入して得られた最大の効果は、関係機関協議を密度高く実施できる点である。PPP導入後の関係機関協議回数は、2016年度第3四半期-2017年度第4四半期の1年半の間では290回（月平均16.1回）であったのに対し、2018年度は1年間のみで215回（月平均17.9回）を数えている（表-2参照）。これは平日はほぼ毎日協議を実施している計算になる。特に多いものが、地権者などへの地元説明で2018年度は月平均10.8回に上っている。用地取得・工事実施のための借地にかかる補償等に関する説明をはじめ、工事施工の開始に伴う生活環境の変化についての意見や要望への対応が増加したものである。工事が本格化する2019年度はさらに生活環境の変化にかかる対応協議が増加していくと考えられる。他には工事用進入路や本線が平行鉄道路線と交差する箇所についての鉄道会社との協議や、和歌山県との林地開発関係協議、電力会社等との占用物件に関する協議が多い。それぞれの協議の特性に応じて、当該分野に精通した技術者を配置している。従来職員が中心となって行っていたこれらの関係機関協議・地元対応をPPP主導で密度高くを行うことで、事業推進につながっているといえる。

(2) 用地事務の推進

すさみ串本道路の用地取得についての大部分は国債事業により和歌山県が主体となり行っているが、国買収分および工事のための借地等については、用地担当課（用地第一課）とPPPの連携により進めている。用地取得に



写真-1 施工にあたっての地元説明会の様子（2018年11月）

かかる事務は地権者をはじめとする関係者への事前説明・幅杭打設・契約・引渡しなど多岐にわたり、従来用地担当課職員が実施していた契約までの事前説明・物件調査等の前捌き業務をPPPが主体となって行っている。特に地権者の事前調査や用地補償費用算定等の土地に根差した細かな作業が多い用地事務については、PPP内部に精通した技術者を専任配置しており、早期の用地取得の達成に向けて取り組んでいる。用地に関する事前説明においては計画説明や田畑の維持や道路・水路等の機能回復等の協議調整を行うとともに、用地買収に関すること等の地権者の様々な意見を丁寧に把握して事業の理解を得る必要がある。前述の関係機関協議と合わせ、関係者に対し緊密に顔を合わせている担当者があることで、内業が多く現場に頻繁に足を運ぶことのできない事務所職員の代替として地元の相手方との連携を取ることができる。

表-2 PPPが実施した関係機関協議回数（2016年度第3四半期～2018年度第4四半期）

	2016年度			2017年度					2018年度				
	第3 四半期	第4 四半期	2016年 度計	第1 四半期	第2 四半期	第3 四半期	第4 四半期	2017年 度計	第1 四半期	第2 四半期	第3 四半期	第4 四半期	2018年 度計
01. 警察署との協議	4	3	7	4	4	2	1	11	3	2	2	3	10
02. 鉄道会社との協議	5	3	8	1	2	2	1	6	1	1	2	4	8
03. 道路管理者間協議	0	1	1	1	1	0	0	2	1	1	0	0	2
04. 河川管理者との協議	4	3	7	0	0	1	0	1	1	0	4	3	8
05. 文化財協議(教育委員会)	2	1	3	2	2	1	1	6	1	1	1	0	3
06. 環境等調査に関する協議	0	0	0	0	0	2	0	2	3	2	0	0	5
07. 占用物件協議(電力会社等)	11	3	14	5	6	4	5	20	3	0	0	0	3
08. 林地開発関係協議	2	1	3	6	4	6	3	19	2	0	0	0	2
09. 保安林解除協議	0	1	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0
10. 土捨場関係に関する協議	1	1	2	3	0	2	1	6	0	0	0	0	0
11. 土地開発公社との協議	1	2	3	1	0	1	2	4	0	0	0	0	0
12. 地元自治体との協議	5	0	5	5	5	8	2	20	11	5	12	13	41
13. 近畿地方整備局との協議	0	2	2	2	4	1	2	9	0	0	0	2	2
14. 地元説明	20	48	68	13	17	18	11	59	31	32	39	27	129
15. 出張所との協議	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	2
合計	55	69	124	43	45	49	29	166	57	44	61	53	215

5. すさみ串本道路事業推進PPPにおける課題

(1) 適切な人材確保

PPPの課題としてまず挙げられるものに、PPPのメンバーとなる技術者の技術力がある。PPPはその目的を達成するためにメンバーに多様な分野の専門家を含めていることが求められ、各技術者が担当分野について十分精通していることが必要である。また、事業の展開状況に応じて、事業の前半は関係機関協議や調査計画に精通した技術者を、その後は用地取得や地元対応、施工計画に精通した技術者をチームに配置するなど、チーム構成にメリハリをつけていく必要がある。

なお、PPP業務の発注に際しては多様な分野の専門家を集めなければならないことや、PPP業務を受注した場合、PPPから指導を受けることとなる当該事業に係る調査設計業務や地質調査業務等の業務を受注できなくなる関係から、発注時の不調が以前より懸念されており、発注の際の応札者の増加への工夫については引き続き検討が必要である。

(2) 情報共有と意思統一、責任のあり方

PPPは多様な分野の専門家で作成されているが、PPP内部での役割分担を行ったために、情報共有をいかに行うかが課題となっている。すさみ串本道路事業では、職員とPPPとの間、PPP内部の間で情報共有ができておらず、課題が先送りにされていることや、事務所内部調整に時間がかかり意思統一に遅れが生じることがある。これは事務所職員とPPPとの間で役割分担を行っていることによるものであるが、それぞれの責任について相互で確認を行い、同じチームとしての意識を持つことが必要である。PPP内部の情報共有や報告責任者のあり方については、プロポーザル評価時に技術提案を求めることなどが考えられる。

さらに、現状PPPが関係機関協議との一貫性の観点から、協議に必要な単純な資料作成整理を行うことが多々あり、事業推進のための調整に時間をかけられない場面が起きている。そのため、関係機関協議の事前準備の場面などでの事務所職員、PPP、行政事務補助業務受注者の役割分担についても検討すべき課題といえる。

(3) 発注工事との調整

PPPは当初発注時には「工事施工段階前の関係機関協議・地元説明・業務担当者への指導調整」をコンセプトとして始まったが、実際には工事施工中についても現場で新たな問題が発生し修正設計や関係機関協議の継続、地元地権者等への説明が必要になることも少なくない。こうした際にこれまで関係機関協議や地元説明に従事し信頼を得ているPPPが工事施工中も一体となって事業監理を行うことは一つの合理性があると考えられる。特に1日も早い供用を目指し調査設計・用地取得・工事施工

を同時並行で進めていく事業については、事前の調査設計時に予見できずに現場で出てきた課題を実施中の調査設計にどのようにフィードバックし、手戻りによる事業進捗の遅延を最小限に抑えるかを検討していく必要がある。

6. 今後の官民連携のあり方

PPPの形による官民連携については、まだ完結した事例も少なく、実施中の事業についても試行錯誤の段階である。PPPが大規模事業の早期実施完了を目的として設定された場合、PPPを単に導入しただけで事業の早期完了が望めるわけではないことに留意し、強力に事業を推進できるよう事務所側もPPP側も趣旨に即した人材・体制の構築が不可欠である。今回は関係機関協議と用地事務に着目したが、事業によって重視する点は異なることから、それぞれの事業の特徴に応じてPPPのチーム構成や事務所とPPPの役割分担を設定していくことが望ましいと考えられる。さらに事業推進のためには、民間事業者側から建設コンサルタントとしての工期短縮や事業費削減などの懸案についてのより積極的な提案を期待するとともに、行政側はそれらの提案をより引き出せる環境整備を行っていくことが必要である。

7. おわりに

本稿では、すさみ串本道路を対象として、本年で4年目を迎える事業推進PPPについて、効果及び課題を整理し、今後の官民連携のあり方について提案を行った。紀南河川国道事務所では2019年度より、2018年度に新規事業化した串本太地道路においても事業推進PPPを導入し、早期供用に向けた事業推進を図ることとしている。今後もパートナーシップの文字通り、PPPと事務所が一つのチームとして連携し、地元からの期待の大きい事業などの着実な推進を図っていくことが期待される。

謝辞：本稿の執筆にあたりすさみ串本道路事業推進PPP室の方々には多大なるご協力をいただいた。深く御礼申し上げます。

参考文献

- 1) 東北地方整備局、復興道路・復興支援道路情報サイト、<http://www.thr.mlit.go.jp/road/fukkou/content/ppp/index.html> (2019.5.31閲覧)
- 2) 大森 功一、すさみ串本道路における事業推進PPPの適用と考察、平成29年度近畿地方整備局研究発表会新技術・新工法部門：No.19