

ECI発注方式による 赤谷3号堰堤工事の取り組みについて

中村 龍太郎

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)

紀伊山系砂防事務所では、2011年の紀伊半島大水害により奈良県五條市大塔町の赤谷地区で発生した大規模崩壊斜面箇所を砂防事業を実施している。大規模崩壊斜面直下で実施する危険な現場条件下で安全に施工するため、技術提案交渉方式のECI発注方式を採用し、技術協力・施工タイプを活用することで、発注者・設計者・施工者が技術的な課題を解決し、施工に向け取り組んだ内容と成果について報告する。

キーワード 自動化施工, 災害, 安全管理対策

1. はじめに

(1) 本稿の目的

本稿では、ECI発注方式を赤谷3号砂防堰堤工事に用いたことで得られた取り組み、及び今後発注する際の評価点・改善点を挙げることを目的として記述する。

(2) 赤谷地区の概要

2011年(平成23年)9月に発生した台風第12号(紀伊半島大水害)は、紀伊半島(奈良県・和歌山県・三重県)では総降水量1800mmを超える記録的豪雨をもたらし、3000箇所を超える斜面崩壊が発生した。奈良県・和歌山県では大規模斜面崩壊により河道閉塞が17箇所発生し、同時多発的に土石流が発生するなど、紀伊山地を中心に甚大な被害をもたらした。奈良県五條市大塔町に位置する赤谷地区では、崩壊土砂量約1138万 m^3 にのぼる深層崩壊が発生し、河道閉塞が形成された。現在では湛水池の埋め戻しが完了しており、越流・決壊等のおそれは低下したが、河道閉塞部の堆積土や崩壊地内の不安定土砂の二次移動により、下流地区に甚大な被害を及ぼす可能性がある。このため、本地区では継続して下流への土砂流出を防止する工事を実施している。



図-1 赤谷地区崩壊斜面

赤谷地区では、計画していた3つの砂防堰堤が完成している。3つの砂防堰堤の内、1つ目の砂防堰堤に当たる赤谷2号砂防堰堤(2016年完成)では、3度の再崩落により、配置位置の変更及び施工段階では袖部の破損が発生するなどの状況に陥った。



図-2 再崩落による赤谷2号砂防堰堤の損壊
(2014年8月)



図-4 立入規制範囲区域



図-3 出水後の赤谷2号砂防堰堤の損壊状況
(2014年8月)

今回の「赤谷3号砂防堰堤工事」では、上記の背景を踏まえて河道閉塞部の安定を図る事を目的とし、大規模崩壊斜面直下で基幹となる、赤谷地区で最後の砂防堰堤工の施工を実施した工事である。

(3) ECI発注方式の適用

度重なる再崩落により、施工期間中の安全確保の観点から、出水期間中(6月15日～10月31日)の立入規制区域を定めた。立入規制区域の詳細な範囲は下記の図-4の通りである。

出水期間中に再崩落の危険性がある中で、安全を確保しながら立入規制期間中でも施工可能、且つ堰堤の通年施工を実現するとともに、出水期間中の作業効率の向上を課題に掲げ、施工期間の短縮を目標とし、赤谷3号砂防堰堤工事は「遠隔操作による施工」を検討した。本工事を発注するためには、度重なる出水により現場条件が変わる中で、設計・施工条件が確定出来なく、最適な施工方法を発注者側では決めることが出来ないことから、設計の段階から施工者の独自で高度な技術及び優れた経験を設計段階から反映する「技術提案・交渉方式」を導入した。

「技術提案・交渉方式」の契約タイプの選定に際しては、課題事項に対する最適な工法が発注者側で確定できないことから、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、設計者(コンサルタント)の「技術・経験」を活用し的確な判断が出来る体制を確保し、参加者から提出される技術提案を設計に反映させ、施工方法を決める設計施工条件を確定した後に、契約額に収まるように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)」を適用することが妥当とした。

なお、契約額については、「土木工事標準積算基準」及び、過年度工事で実施した砂防工事の遠隔操作施工を目安として「遠隔操作施工の積算基準(案)」(建設遠隔操作施工協会)に準じた費用を砂防土工及び堰堤本体工で計上し15億円程度(税込み)とした。

2. 赤谷3号砂防堰堤工事に係る契約者の選定経緯

(1) ECI発注方式の発注フロー及び選定体制

本工事の契約者の選定に至るまでの選定経緯は下記の図-5の通りである。

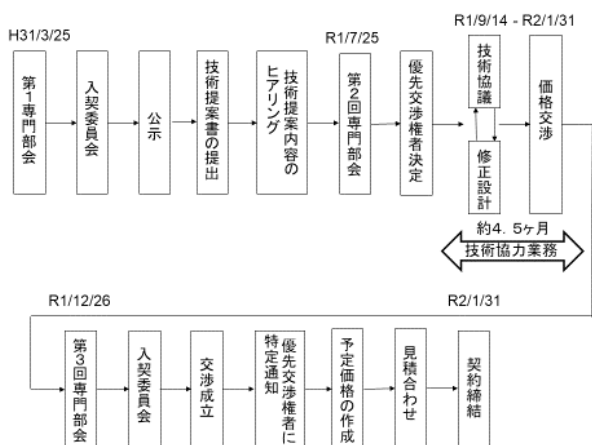


図-5 赤谷3号砂防堰堤工事における発注フロー

技術提案書の内容の審査・評価及び価格等交渉の評価等は、近畿地方整備局の入札・契約手続運営委員会にて実施した。本委員会は、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に示す各技術分野を専門とする学識経験者4名を中心に「赤谷3号砂防堰堤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、技術提案項目について意見徴収を行った。

表-1 赤谷3号砂防堰堤工事における技術提案・交渉方式の専門部会

氏名(五十音順)	所属・役職	分野
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
田中 茂信	京都大学 防災研究所教授 (近畿地方整備局 総合評価委員)	河川
深川 良一	立命館大学 理工学部教授	機械施工
松四 雄崎	京都大学 防災研究所准教授	山地災害

(3)技術提案

技術提案については、技術提案評価項目（テーマ）を第1回専門部会で確認し、下記の表-2に示すとおり項目となった。

表-2 技術評価項目内容

技術評価項目
① 技術協力業務の実施に関する提案
② 不安定な崩壊斜面直下での工事となることから、落石・流石環境下において、「無人化施工」「自動化施工」(材料・構造変更含む)による砂防堰堤施工の提案能力
③ リスクを想定した現場管理における提案能力

技術提案のテーマ②③を「提案能力」としているのは、本発注方式は、施工方法を決定する設計・施工条件の確定が困難であることから、具体的な対応策が重要ではなく課題に対する対応策を論理的に示す能力が重要であると考え、評価基準を記載についてもそのような表現としている。

(4)技術提案概要

上記の評価内容について技術提案を募った結果、1者から提案書を受領した。主な提案内容としては下記の通りである。

- 1, 砂防堰堤の背面型枠を土砂型枠で遠隔操作施工
 - 2, 砂防堰堤のソイルセメントの敷均、転圧及びブロックの据え付け作業を自動化施工
 - 3, 出水等によるリスク管理のためのライブカメラ配置・警報伝送システムの設置
 - 4, 降雨や土砂流出による洗掘防止のため、堰堤本体の前面基礎部分を改良土（ソイルセメント）で被覆
- 以上の内容を主に技術提案の提出をされた。

(5)技術審査結果

提出があった1者に対して上記の内容につい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、検証内容等を第2回専門部会にて確認し、課題に対して提案内容が妥当であるとの結果となった。審査結果、技術提案書を提出した1者を優先交渉権者として通知し、技術協力業務の契約を締結した。

なお、工事の工法の確定に必要な技術協力業務はプロポーザル方式に準じた形で契約した。

3. 技術協力業務

(1)技術協力業務の実施体制

技術協力業務の工期は、令和元年9月14日から令和2年1月31日まで（約4.5ヶ月）とし、工期内で優先交渉権者の技術提案、発注者・設計者・優先交渉権者（以下「3者」という。）による合同会議で提案された追加技術提案を踏まえた修正設計、価格等交渉の工事費の積算を行った。技術協力業務を円滑に進めるためには、複数の関係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、優先交渉権者と契約締結後直ちに、3者で合同現地確認を行い、現地条件と課題の共有を図った。技術協力業務を通して優先交渉権者が果たす役割については初回打合せ時に議論し、下記の表のとおり3者の役割分担を議事録にて確認し、合意を図った。

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、優先交渉権者で調整会議を開催し、課題について議論し方針を確認することとした。なお、3者の役割分担については下記の表-3の通りである。

表-3 3者の役割分担

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	・技術提案のフォローアップ ・評価した技術提案に関する技術情報(競合・採録・適用条件・コスト情報等)の提出 ・技術提案部を念めた設計の確定・確定・調整・留意点の整理及び改善に向けた追加提案	・技術提案の当該工事への検討
設計の実施	・設計条件の提示 ・施工期間の安全確保への配慮検討	・施工計画、工程計画の作成 ・概算設計 ・コスト削減提案に対する施工の実現可能性の検討(案検を前提)	・技術提案の設計への反映 ・コスト削減提案 ・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	・死守を要求を踏まえた工事工程の検討(遠隔・自動化)	・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	・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

(2) 技術提案内容の設計適用

当該砂防堰堤工事の施工にあたり、技術提案で提出された内容を設計に反映し、遠隔操作施工・自動化施工に対応したコンクリートブロックの割付等の修正設計を行った。修正内容については、手戻りが生じないよう施工方法等が決まった段階で各者と相談しながら進め、優先交渉権者と施工段階での課題を協議しつつ検討を進めた。

(3) 技術協議・価格交渉の概要

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標準積算基準及び建設遠隔操作施工協会の積算基準(案)等に基づき、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を用いて構造・施工方法の内容、工事費内訳書における施工上の検討等を精査し、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。

価格等交渉に向けた積算段階では、設計者の設計成果と優先交渉権者の施工計画成果に関する整合確認を漏れなく行うことで、積算の考え方について円滑に合意することが出来た。

なお、優先交渉権者から袖部のコンクリート構造への変更、堤体水抜き暗渠の削減、施工時の埋戻しの削減、前庭保護工の構造変更などの工事費を抑制するための提案があり、3者で合意形成を図り、採用することとなった。

(4) 技術協議及び価格等交渉結果の確認

上記の協議・交渉内容を専門部会に報告し、意見徴収を行った。専門部会での確認結果を踏まえ、入札・契約手続運営委員会において交渉結果が妥当であることを確認し、合意した積算条件に基づき工事価格を算出した。上記の工程を経て優先交渉権者と、砂防土工(遠隔操作施工含む)、地盤改良工、法面工、遠隔操作施工・自動化施工設備工、及び砂防堰堤工についての出水期間中の遠隔操作施工・自動化施工による堰堤本体工部分の当初工事契約を締結した。

4. ECI発注方式による現場への適用効果

(1) 従来の発注方式とECI発注方式との比較

ECI発注方式で契約したことで、従来の発注方式と比べ、技術協力業務によって行った修正設計により、工事中の設計の修正や協議等を省略できたことから、契約締結後から現場着手までの期間を約1週間に短縮できた。

本発注方式を実施したことで、堰堤の通年施工を実現するとともに、出水期間中の作業効率が向上し、工事期間の短縮が図られ、赤谷地区の特性である出水等による被災リスクを抑制することができた。

(2) 遠隔操作施工・自動化施工の効果

ECI発注方式で本工事を発注したことで、全国で初となる災害現場での自動化施工に取り組む事が出来た。

着手時、技術提案で提案された、遠隔操作施工・自動化施工は出水期間中順調に施工を実施した。

各施工の範囲及び現場の状況は下記の図-6,7の通りである。

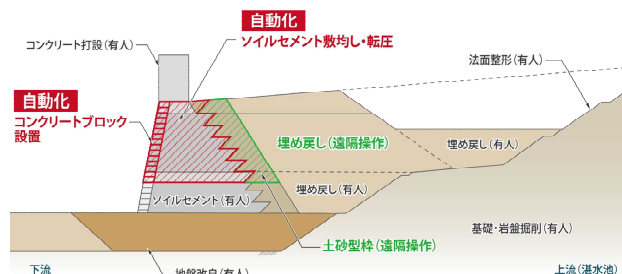


図-6 遠隔操作・自動化の施工箇所 (提供：鹿島建設)



図-7 遠隔操作・自動化の施工風景

施工時間を要したブロックの据え付け、敷均し及び転圧

を自動化施工とした。その結果、転圧作業は有人施工と比較して10%の効率上昇が確認されたが、それ以外の据え付け、敷均作業は10%から20%程効率が低い結果となった。一方で、ブロックの据え付けは遠隔操作施工と比較して25%効率が上昇し、敷均しは30%、転圧は60%の効率の上昇が確認された。また、敷均し及び転圧の一連の作業の自動化施工は、一連を通して遠隔操作施工より40%の効率化され、有人化で施工した場合とほぼ同じ施工効率であることが下記の図-8のとおり確認された。



図-10 施工状況 (2022年4月時点)

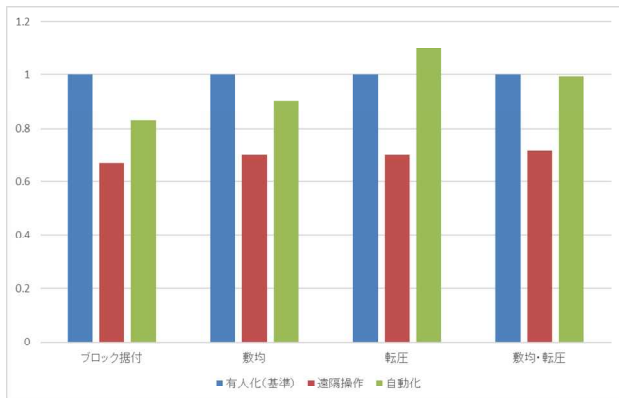


図-8 有人施工に対する遠隔操作施工・自動化施工の比較

(3) 施工開始から約1年が経過して

工事契約後、着工から約1年が経過し、下記の図-9,10の写真のとおり砂防堰堤本体が完成した。工事の進捗状況としては、当初計画していた工程に収まっている状況となっている。

現在、赤谷2号砂防堰堤と3号砂防堰堤をつなぐ前庭保護工を施工中で9月頃に完成予定である。



図-9 着手前 (2021年4月時点)

(4) 施工者の観点によるのECI発注方式による適用効果

本契約方式を採用したことで施工者より下記のような感想をいただいた。

- ・技術協力業務の進め方については、施工者独自の知見を設計段階に反映させることが出来たので、工事中の設計の修正や協議等が省略出来、結果として工事期間の短縮を図る事が出来た。
- ・工事費を抑制するために、技術提案した内容を精査し、費用対効果が高い提案内容を3者で合意形成し、設計図書に反映させた
- ・工事着工までの期間を短く設定することができた
- ・国内初の砂防堰堤自動化施工という新たな技術開発に取り組むするきっかけとなった。

5. まとめ

当初予定工事内容に技術提案を反映することで、工事条件（遠隔操作施工及び自動化施工）を達成させながら工事費の抑制を図る価格交渉を行うことで工事契約が出来たことはECI発注方式の取り組みの結果であると言える。

また、今後の発注においては、技術協力業務の履行期間の延長・人員の拡充などの体制の見直し及び、工事内容や技術協力業務成果に応じて、予算措置の制約を緩和することで、提案内容を最大限に反映した工事が可能になると考えられる。

なお、本論文は従前の所属である紀伊山系砂防事務所工務課の所掌業務の内容である。

謝辞：本論文の執筆にあたり、参考資料の提供及び助言等いただきました関係者の皆様に感謝の意をここに述べさせていただきます。