

CM (コンストラクション・マネジメント) 方式による道路整備事業の結果と考察 - 兵庫県豊岡市・養父市 知見八鹿線道路整備事業 -

鳥居 敏・木村正樹・石澤伸彰・岡部幸彦

Result and discussion of the CM method introduced in a local government An example of Chimi-Youka road improvement project in Toyo-oka and Yabu cities, Hyogo Prefecture

Satoshi TORII, Masaki KIMURA, Nobuaki ISHIZAWA and Yukihiro OKABE

Abstract

A road improvement project including tunnel was planned by a local government having no experience in tunnel construction, and then the project management using the CM (Construction Management) method was adopted to tackle various problems such as lack of experience and shortage of technical staff. Our company operated the project as a Construction Manager (hereinafter CMR). The operations we performed together with the Owner consisted of not only the basic tasks required as ordinary CM operations including cost, period and quality management but also the particular tasks such as protection of raptors, coordination with related organizations and contribution to a local community. Main activities of the CMR included: i) route location considering the geological condition and the raptors' habitation in the design stage, ii) soil/ground evaluation by total review of geotechnical survey result and instructions to the designer, iii) cost and time reduction realized by varying adequately the tunnel supporting pattern in the construction stage, iv) enhancement of social aspects of the project by closely coordinating with related organizations and disclosing information to local residents and citizens. As a result, the entire road improvement project including tunnel was completed within the period and budget set by the project, thus satisfying the Owner's expectations in every task. A certain achievement in protection of raptors was also obtained.

The CM method, allowing same engineers to work consistently on one project, was confirmed to be highly effective in mountain tunnel construction, and indeed one of the effective ways for a local government to manage the project.

Keywords : local government, construction management, CMR, tunnel, preservation of raptors, public information

(要 旨)

トンネルを施工した経験を持たない地方自治体においてトンネルを含む道路整備事業が計画され、経験不足や技術系職員の減少など様々な課題に対応するため、CM (コンストラクション・マネジメント) 方式による事業運営が採用された。この事業において当社はCM業者 (以下CMR) として事業を運営した。本業務ではコスト、工期、品質管理等、通常CM業務として求められる基本的な課題と、希少猛禽類の保全、関係機関との調整、地元貢献など本事業の特殊な課題があり、これらの課題に対して発注者と一体となって事業を運営した。CMRの主な活動は、①設計段階における地質状況および猛禽類営巣地との関係から道路の路線を選定、②地質調査結果の全面的な見直しによる地山評価と設計業者の指導、③施工段階におけるトンネル支保パターン変更を適切に実施することによるコスト縮減および工期短縮、④関係機関との密接な連絡調整と地元住民や一般市民への情報公開による事業貢献、である。これらの活動の結果、トンネル工事を含めた道路整備事業全体を計画工期・事業費内で完成させ、全ての課題について発注者の期待に応えることができた。また、希少猛禽類の保全についても一定の成果を得ることができた。

CM方式は同一技術者が一貫して事業に関わるという点で山岳トンネル建設に対して非常に有効であり、さらに地方自治体が事業運営する際の有効な手法の一つであることが確認できた。

キーワード: 地方自治体, 建設マネジメント, CM方式, CMR, トンネル掘削, 希少猛禽類の保全, 情報公開

1. はじめに

山岳トンネルの建設では当初設計支保パターンに対して実績支保パターンの乖離が多く、地質調査の限界、地山解釈の個人差、地質調査段階と設計・施工段階における情報の伝達不足などに問題があると言われている。このような課題に対しては、調査～設計～施工完了までを通して同一技術者による一貫した「目」を持つことが解決の一方法であると考えられる。この点で、同一技術者が専任するCM方式はこの問題の有効な解決方法になりうる可能性がある。

CM方式は行政のアウトソーシングの一形態であり、一般的には技術力不足や技術系職員の減少に悩む地方自治体などにおける問題解決方法の一つと位置づけられており、今後導入が拡大していくものと考えられている。事業のマネジメント方式で代表的なものとしてはPM(プロジェクト・マネジメント)方式とCM方式があげられる。PM方式は事業の企画時から施工完了、維持管理までについて一貫して携わるものであるが、CM方式は主として計画～設計段階から施工段階、もしくは施工段階のみについて携わるものである(図-1参照)。本事業では設計の途中段階から施工完了段階までを対象としたCM方式であった。



図-1 PM方式とCM方式の説明図¹⁾

Fig. 1 Difference between the PM method and the CM method

兵庫県の日高町(後に合併して豊岡市)および八鹿町(後に合併して養父市)において、両町(以下両市)間を結ぶ道路の整備計画が立ちあがった。この道路は元来県道であるが、様々な事情から、県と両市の協議により、概成までを両市で実施してその後県が引き継ぐことで事業実施されたものである。この地域には希少猛禽類であるクマタカが営巣しており、しかもコストの縮減や事業期間の厳守、トンネル掘削上の技術的な課題、地元貢献などの課題があった。また、2つの行政区にまたがって事業を執行するための調整、さらに、事業完了後は県に事業を移管して引き続き県道と

しての道路整備を行うための調整が必要であった。そこで、両市は民間の技術力を活用して技術的、行政上の課題を解決するCM方式の導入を決定した。CM業務は建設コンサルタントを対象としたプロポーザル方式で発注され、当社が特定された。当社はCM業者(コンストラクション・マネジャー、以下CMR)として、行政と一体となって事業の運営にあたった。

本論文では、本事業の概要を示し、実際に行った内容について述べる。その後、CM方式を今後活用していく上での課題を述べ、地盤コンサルタントとしてのCM方式への関わり方について考察する。

2. 地方自治体におけるCM方式の導入例

ここでは本事業と同じ地方自治体におけるCM方式の導入事例についてとりまとめる。

2.1 「CM方式活用協議会²⁾」における事例

「CM方式活用協議会」(以下「協議会」)とはH19年度に国土交通省により設立されたものであり、「地方公共団体におけるCM方式の活用方策を検討・協議する」ことを目的としている。この「協議会」はH20.8時点で3回実施されており、その協議会議事録および説明資料はweb上にて公開されている。そこで、本章ではこの資料を基に地方自治体におけるCM方式導入の現状をまとめる。

表-1に、「協議会」で紹介されている「これまでに実施された主なCM方式の活用事例」について示す。

2.2 他事例と本事業との比較

2.1章で示したCM方式をweb内の記事をもとにして対象事業別にまとめると以下のとおりである。

土木分野:3件

建築分野:5件

このように建築分野における適用例の方が土木分野における適用例よりも多くなっている。日本におけるCM方式は主に建築を対象とする形態として導入されてきたため、ここに挙げた公共事業においては建築分野での適用事例が多くなっているものと推定される。

また、土木分野の3件のうち本事業以外の2件(長野県における事例)については、工事段階のみのCM方式導入という形態を採用している。これに対して、本事業につ

表-1 地方自治体におけるCM方式活用事例

Table 1 Cases of projects CM method is adopted by the local government

事業名	事業主体
二ツ井中央公園整備事業	秋田県能代市 (旧二ツ井町)
温泉保養センター改修工事	秋田県大湯村
六郷町障害者福祉施設新設工事	秋田県美郷町 (旧六郷町)
千曲川流域下水道更替幹線シールド工事	長野県 (下水道建設事務所)
国補災害関連緊急地すべり対策事業	長野県 (土木部砂防課)
成田市滑川高岡地区簡易水道事業	千葉県成田市
知見八鹿線道路整備事業	兵庫県豊岡市 兵庫県養父市
高木瀬小学校校舎改築工事	佐賀県佐賀市

いては実施設計段階から工事完了段階までの期間に対してCM方式による運用を実施しているのが大きな特徴である。また、この8事例の中で技術提案をCMRの主な業務内容としているのは本事業のみとなっている。

これらのことから、本事業の完了時点においては、本事業は国内における土木工事としては最も本格的なCM方式であったといえる。

3. CM方式を導入した事業の概要

本道路整備事業は兵庫県豊岡市～養父市間における実施である。事業実施箇所の案内図を図-2に示す。

今回CM方式を導入した事業は5年間で延長2,772m(うちトンネル延長1,563m)の2車線道路を整備することが目的である。本事業においてCMRに与えられた課題は、コスト・工期・品質といった事業の基本となる部分と、希少猛禽類の保全・連絡調整(関係



図-2 事業実施位置案内図

Fig. 2 The location of the project site

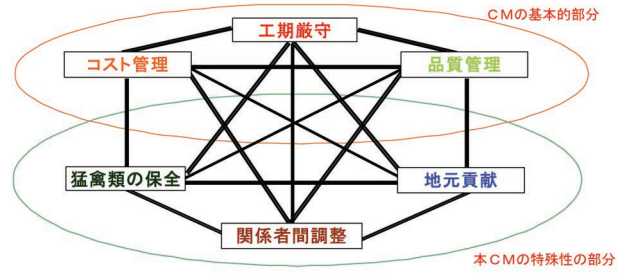


図-3 本CM業務の主要課題

Fig. 3 Main Problems of this project

者が2市、県、施工業者と多岐に渡る)・地元貢献などの特殊性の部分(図-3参照)に分けられる。

この課題に対応するために、CMRは事業期間5ヶ年のうち後半の3年4ヶ月間において事業に関与した。メンバーは業務全体を監理する非常駐のチーフマネージャーと全期間常駐する工務担当サブマネージャー、主として工事期間から常駐するマネージャーと施工担当サブマネージャーの4名である(表-2参照)。

表-2 事業工程とCMRの実施体制

Table 2 The work schedule of the project and the period served as CMR

検討項目	業務年度					備考
	H14	H15	H16	H17	H18	
事前調査・測量	■					
環境調査検討委員会	■	■	■	■	■	猛禽類保護
CM業者選定		■				
予備設計		■				
詳細設計(明かりトンネル)			■			
明かり工事				■	■	
トンネル工事				■	■	設備工事 H19年度は県担当
CM契約期間		■	■	■	■	
チーフマネージャー		■	■	■	■	非常駐
マネージャー		■	■	■	■	役所・現場事務所
施工担当サブマネージャー		■	■	■	■	現場事務所常駐
工務担当サブマネージャー		■	■	■	■	役所常駐
イベント		■	■	■	■	養父市合併 兵庫県 豊岡市合併 国体 開通

両市はトンネル施工の経験がなく、本格的なCM方式導入は国内でも初めてのため、CMアドバイザーによる定期的なモニタリングを実施するとともにCMR選定に携わった外部有識者2名を含むCM委員会が両市により組織され、この委員会で事業運営の妥当性が検証された。また、CMRの技術提案に対してはCM委員会の中のトンネル技術検討部会で評価して事業を遂行した。さらに、希少猛禽類への対応については環境調査検討委員会から助言を受けつつ事業を進めた。

CMRとして業務を発注した対象は測量、設計、猛禽類調査などのコンサルタントとトンネル、明かり部などの施工業者があった。これらの業者に対する発注および管理について発注者とCMRが一体となって携わった。

これらの事業運営体制を図-4に示す。

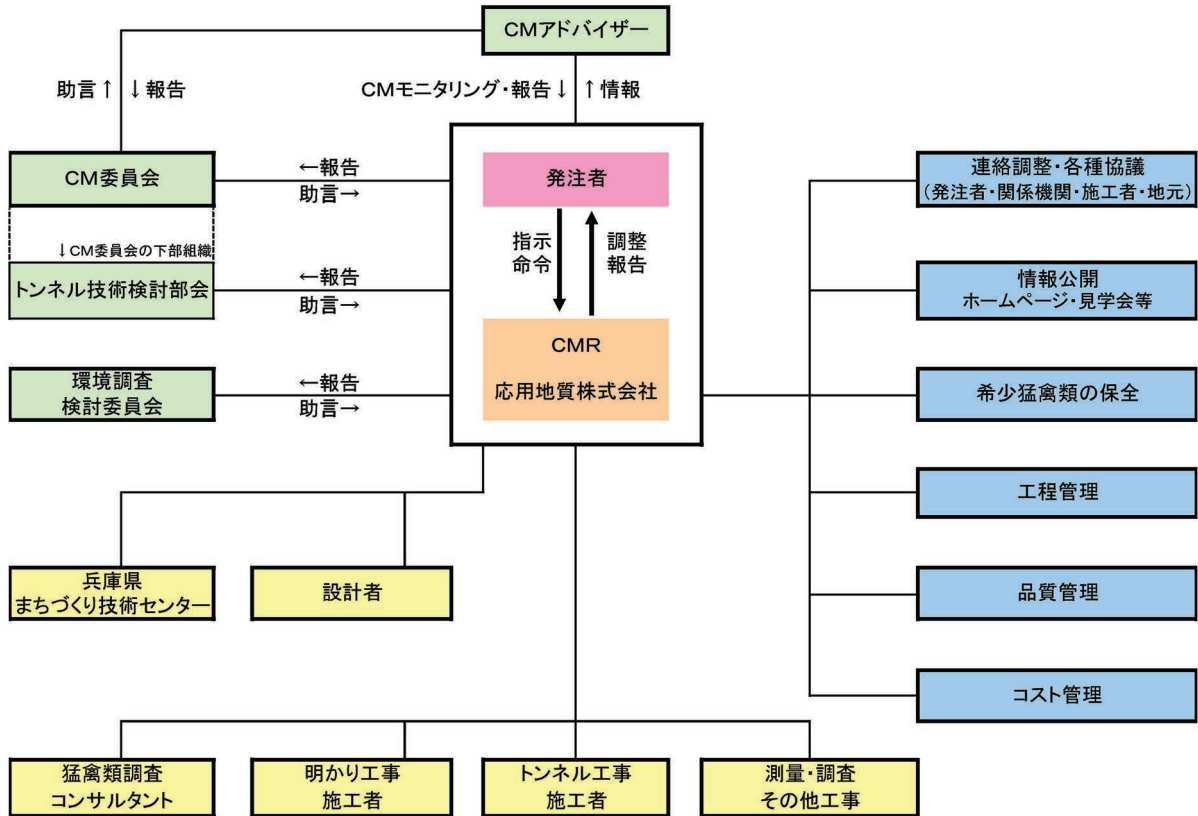


図-4 事業運営体制
Fig. 4 The management system of this project

4. 事業の課題とその対応および結果

ここでは、CMRの代表的な実施内容についてのべる。

4.1 路線選定

CMRが事業に関与した段階の道路整備ルートは図-5に示すようにトンネル延長約1,250mで、終点側明かり部では知見川右岸を通過していた。そして、既に坑口ボーリングとトンネルルート全線の踏査・弾性波探査が行われていた。当地の地質(図-6参照)は新第三紀の火山岩が主体で溶岩・凝灰角礫岩・火山礫凝灰岩・凝灰岩からなる。溶岩・凝灰角礫岩は不規則

表-3 道路ルートの比較検討結果

Table 3 The comparison of contents between the 1 planned lines (before and after the change)

項目	右岸側 (変更前)	左岸側 (変更後)
トンネル延長	1,250m	1,563m
知見側明かり区間の道路勾配	9%	約5%
営巣木付近の大規模切土	発生	発生せず
営巣木付近の既設堰堤改築	必要	必要なし
河川切り回し, 改修工事の有無	必要	必要なし

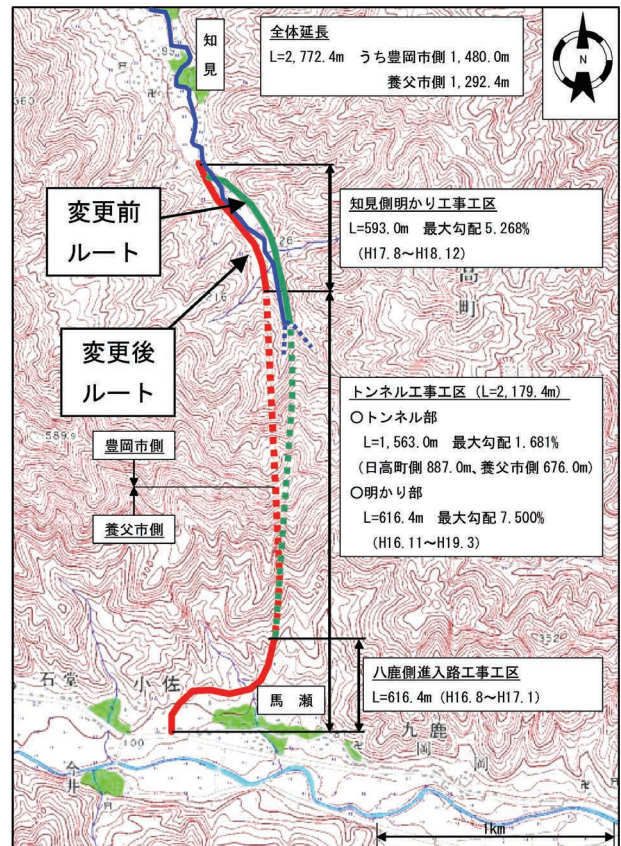


図-5 道路ルートの比較結果図
Fig. 5 The comparison with planned lines (before and after the change)

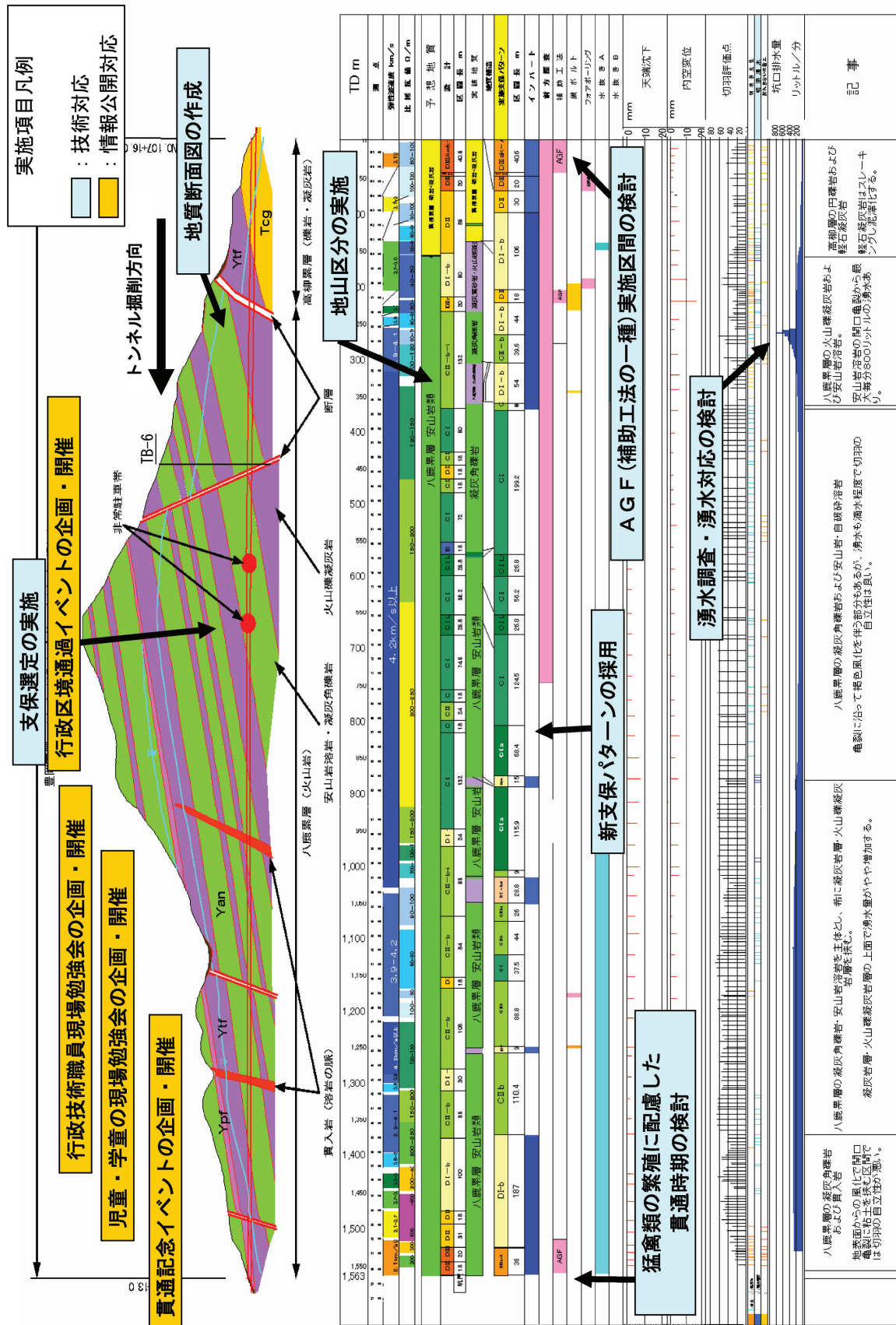


図-6 本トンネルの総合断面図とCMRの代表的な実施項目
Fig. 6 the sectional plan of the tunnel in this projects and the typical contents of CMR

に分布し、亀裂に地下水が胚胎して突発湧水が生じる可能性があり、凝灰岩はスレーキングが懸念された。

本業務開始直後に現地踏査および基本設計業務報告書の精査を行なった。その結果、右岸側ルートでは河川改修工事に時間がかかること、最大道路勾配が9%と厳しいこと、クマタカの営巣木付近に大規模切土が発生すること、などの問題点があることがわかった。そこで、CMRとしてルートについての再検討を行った。検討結果を図-5および表-3に示す。

表-3に示すように、トンネル延長が約300m長くなるものの、その他の項目で有利な点が多く、コストについてもほぼ同等であるとの検討結果となった。このため、猛禽類保全を重視することを両市に説明後、県関係者とも調整して左岸側ルートに変更した。

4.2 業者選定

4.2.1 発注時の設計と施工の一括・分離発注について

まず事業を進めるにあたり、設計施工一括発注とするか設計施工分離発注とするかについて検討を実施した。この結果、一括発注では地元の参入が困難になること、CM業務開始時点では詳細設計が完了していないため提案内容の審査が困難であること、などの問題点があった。このため、設計施工一括発注を断念して設計施工分離発注方式を採用した。

4.2.2 詳細設計業者選定時の総合評価方式

設計施工分離発注を採用したことから、事業進捗のために早急に詳細設計業者を選定する必要が生じた。この課題に対し、CMR募集時に一次審査に合格した業者を対象とした指名型プロポーザル方式を採用することで、業者選定をCM業務開始後2ヶ月で完了することができた。

4.2.3 工区ごとの施工業者選定方法決定

次に、現場での諸条件より工事発注区分を決定した。工事発注区分は以下の三分割とした。

- ①八鹿側工事用道路工区 (H16. 8発注)
 - ・工事延長: L ≒ 600 m
 - ・工事内容: 工事用道路工, 付替え水路工等
 - ②トンネル工区 (H16. 11発注)
 - ・工事延長: L ≒ 2, 200 m
 - ・工事内容: トンネル掘削工, 盛土工, ズリ処理工等
 - ③日高側明かり工事工区 (H17. 8, H18. 6発注)
 - ・工事延長: L ≒ 660 m
 - ・工事内容: 道路工, 横断函渠工等
- ※③は猛禽類の生息環境に配慮して年度ごとに分割して発注。

4.2.4 工事発注方法の決定

三分割したそれぞれの工区について発注方法を検討した。

まず、①八鹿側工事用道路工区および③日高側明か

り工事工区については、

- ・工事金額規模がトンネル工区と比較して小さい。
- ・工種が土工中心であり、特殊作業は必要としない。
- ・本事業に対する地元の期待が大きい。

などの理由から、地元業者に対する指名競争入札を採用した。

次に、②トンネル工区の発注方式については、

- ・本事業特有の課題が多いことから、金額要素以外に施工業者の持つ技術力についても正しく把握する必要があること
- ・各社間で透明性の高い競争を行ってもらう必要があること

などの理由により、総合評価方式が適当であると判断した。また、金額が大きいため一般競争入札とする必要があった(「政府調達協定」に基づいて、建設工事では発注当時に24億3000万円以上が対象となる)。

このことから本工事では「総合評価一般競争入札」を採用することとした。なお、両市は国または都道府県・政令指定都市ではないことから国際入札の必要は無かったため、一般競争入札とした。

4.2.5 トンネル施工業者選定時の総合評価方式

トンネル施工業者選定は、CM委員会のメンバーを中心とした「トンネル施工業者選定委員会」により実施した。業者選定の日程を図-7に示す。今回実施した総合評価一般競争入札方式の特徴を以下に示す。

- ・単独, JV どちらでも入札可能 (JVの場合は2社まで)。
- ・入札と同時に提案書を提出することとし、確認したい項目が発生した業者に対しては詳細確認のためのヒアリングを実施。

日程	項目
6/18(金)	第1回 業者選定委員会
9/2(木)	第2回 業者選定委員会
9/3(金)	公告
9/3(金)~	入札説明書の交付
9/13(月)	技術提案書の作成説明会
9/17(金)	質問書の提出期限
9/22(水)	質問書の回答期限
10/4(月)	技術提案書・入札書の提出日
10/14(木)	ヒアリング業者の通知
11/18(木)	第3回 業者選定委員会 ヒアリング実施

図-7 業者選定スケジュール

Fig. 7 The schedule of choosing trader

- ・評価値 = {基礎点(70点) + 加算点(最大30点)} / 入札価格とし、技術的要素の割合を増加。
 - ・基礎点は必須の項目について条件を満たしていれば70点を付与。
 - ・加算点の内容を技術的要素(20点)と実施体制要素(10点)に分類。
 - ・加算点が一定割合に達しない場合は失格とすることで低入札を防止。
 - ・応札期待価格を公表し、応札期待価格から一定範囲内に全ての応募者の入札価格が入った場合は再度入札を実施することで談合を防止。
 - ・課題は五つ提示し、その提案は各A4に1枚までとすることで、提案書作成にかかる参加者負担を低減。
 - ・課題は技術的な提案、コスト縮減、地域への貢献、CMとの共同、猛禽類対策の五つ。
- また、提案が実施されない場合のペナルティ条項について現場説明時の資料に明記した。

その他の特徴としては、公募前および入札後に対象業者にアンケートを実施し、応募業者の資格設定をしたり今後の公共工事発注の際の参考資料を収集したりした点が挙げられる。

提出された提案書を審査し、さらにH16.11.18に委員会による面接を実施した結果、無事業者を選定することができた。選定結果は委員会より両市に報告され、議会の承認を得た上で公表した。

なお、業者選定結果およびその経緯については全てホームページ上で公開した。

4.3 調査時の地質調査結果の見直し

CMRは概略調査段階の成果を確認した後、地盤コンサルタントとしての実績を生かして地質確認のための補足踏査、ボーリングコアのチェック、弾性波探査の再解析を実施した。ボーリング調査およびコア鑑定は各調査会社の担当者がすでに実施していたが、過去の調査を踏まえて統一した視点で地山評価を行う必要があったために行ったものである。コア鑑定の際には通常の地質判定の他に、NEXCOの切羽判定基準に基づく「切羽判定と同じ基準による強度・風化変質・割目間隔・割目状態の評価」を行い、地山評価を実施した。さらに、コア鑑定および補足踏査の結果を参考にして弾性波探査および比抵抗探査の再解析結果との相関を考慮してトンネル施工レベル付近の地山区分を見直し、支保パターンを再検討するよう設計業者に指示した。

4.4 設計時の地山評価および支保パターン設定

トンネル工事におけるCMRの関与を図-8に示す。本業務ではトンネル技術者がCMRとして現地に常駐して、調査、設計、施工の各段階に関わることで、調査～施工まで一貫した考え方に基づく地山評価を

施することを旨とした。

地山評価は調査結果をとりまとめて地山区分表に対比させて行うのが一般的であるが、火山性地山の実績では施工時に支保パターンが重くなる場合が多い。このため、今回は施工段階で切羽を評価する指標と同じ基準による地山評価を行い、調査・設計時の支保パターンと施工時の支保パターンとの乖離低減を図った。

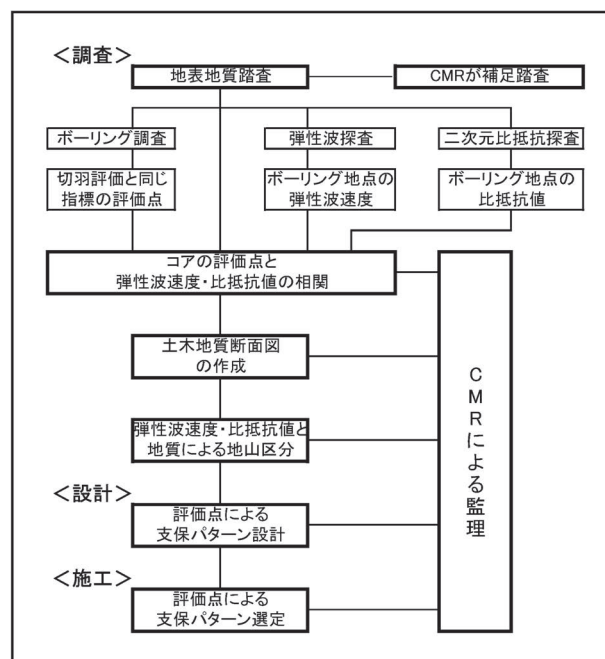


図-8 トンネル工事におけるCMRの関与

Fig. 8 The participation of CMR in tunnel Project

図-9に断層部で実施したボーリングコアについて深度1m毎に切羽評価点と同一の基準で評価した例を示す。この地点においては評価点の分布からトンネル施工レベルではDI以下の地山、塊状の火山角礫岩の分布範囲でもCII相当の地山と判断した。

設計段階のこの成果はトンネル工事発注時に設計書に反映させた。また、総合評価方式で発注することとなった工事について現場説明会を開催し、CMRとして設定した支保パターンや地質概要の説明を実施した。さらに、技術提案書の技術課題作成、質問への対応、提案された書類の確認、技術提案の評価などに反映させた。これらの活動は円滑な施工業者選定および適正な工事発注に役立ったと考えている。

4.5 施工時の支保パターン変更

施工段階においては、通常の施工管理である品質検査・出来形検査に加えて切羽評価を毎日CMRが実施して、支保パターンの妥当性を随時判断した。さらに、地質変化時には支保パターン変更の必要性や水抜きボーリング、鏡ボルトなどの補助工法の必要性を判断した。切羽判定の書式はNEXCO方式を基本とし、火山性地山の特徴を反映できるようにズリの大きさや割れ目沿いの付着物の状態、湧水の発生箇所を記録

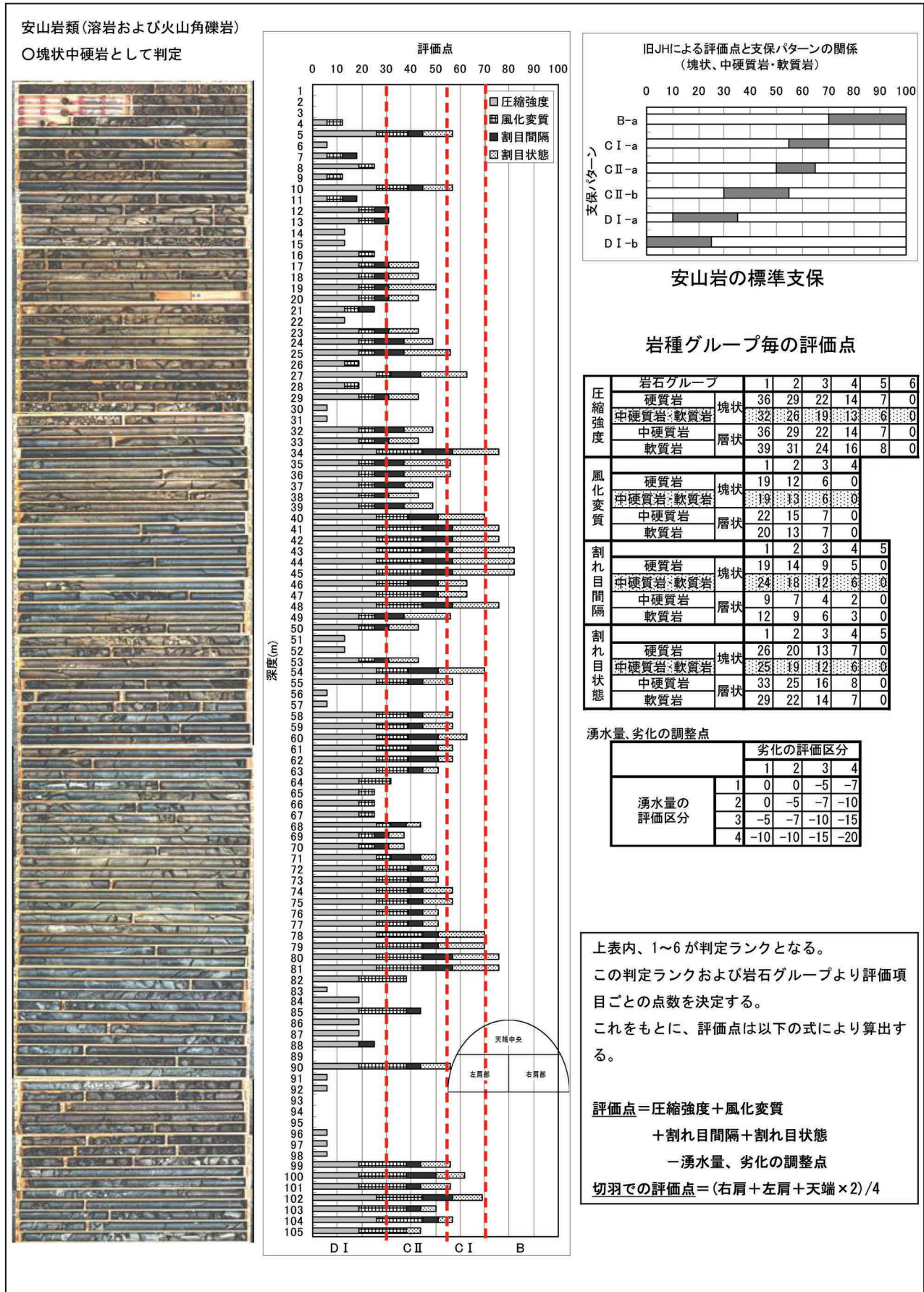


図-9 ボーリングコアの評価区分例 (TB-6)

Fig. 9 An example of the assessment division of boring cores

できる様式とした。また、施工業者にもこの書式を提示して日常管理に使用するよう指示した。通常の県のトンネル施工であれば支保パターン選定は「岩判定委員会」を開催して行う場合が一般的であるが、メンバー召集の日程調整などに時間がかかり、地質急変時の素早い対応が困難なことが多い。本業務においてはCMRが発注者の代行として日常的に地山評価と適切な支保選定を行い、定期的にトンネル技術検討部会の事後承認を得る方式とした。CMRが現地に常駐して切羽判定を随時行い、これらの工夫を行うことで判定に伴う切羽休止時間を最小限にとどめることができた結果、施工業者からの理解を得ることができた。これらの対応により、一般的な火山岩地山での例と比較して、本トンネルでは支保パターンの設計と実績の乖離が小さい結果となった(図-10参照)。

これら一連の作業は地盤コンサルタントとして日常実施している業務での経験を生かしたものである。そして同一技術者が継続して関わることで調査～設計～

施工の各段階において情報の隔絶を起こすことなくトンネル掘進を完了することができた。

4.6 新支保パターンの設定

トンネル掘削の進行に伴い、以下に示すような当地の火山岩類の特徴が明らかとなった。

- ・内空変位, 天端沈下共に 10mm 以下。
- ・切羽でキープブロックの抜け落ちが発生する場合があります。
- ・スレーキングを生じる層を挟む。

内空変位が少なく切羽に出現している地山が塊状の区間においては本来は支保パターンを軽くするべきであるが、1掘進長増加に伴う天端や側壁からの岩塊抜け落ちや吹付コンクリートの剥離、スレーキングに対する問題が懸念された。

そこで、高強度吹付コンクリートを使用した新支保パターン(表-4参照)をCMRが解析・検討し、トンネル技術検討部会の承認を得て導入した。この新支保パターンの基本的な考え方は、1掘進長を伸ばすかわりに高強度吹付コンクリートを使用して、キープブロックの抜け落ちを防止するものである。高強度吹付コンクリートを使用するため吹付コンクリートのコストは増加するものの、単位延長あたりのロックボルトおよび鋼アーチ支保工が削減できるほかサイクルタイムも向上するため、工期・コストともに縮減が可能な検討結果であった。最終的に、新支保パターンの導入は約0.3ヶ月の工期短縮やコスト削減に寄与した。

4.7 工期およびコストの管理結果

事業の中心となるトンネル工事については、H16.10に発生した台風23号災害の影響等を受けて工事発注が約2ヶ月遅れることとなった。しかし、トンネルの地山区分変更と新支保パターン採用、CMRによる迅速な切羽評価および施工業者の企業努力などにより工程を3ヶ月間短縮することができ、竣工検査を当初予定の1ヶ月前に実施できた。そして、トンネル以外の項目も含めて全て当初予定の工期内に事業完了とすることができた(表-5参照)。

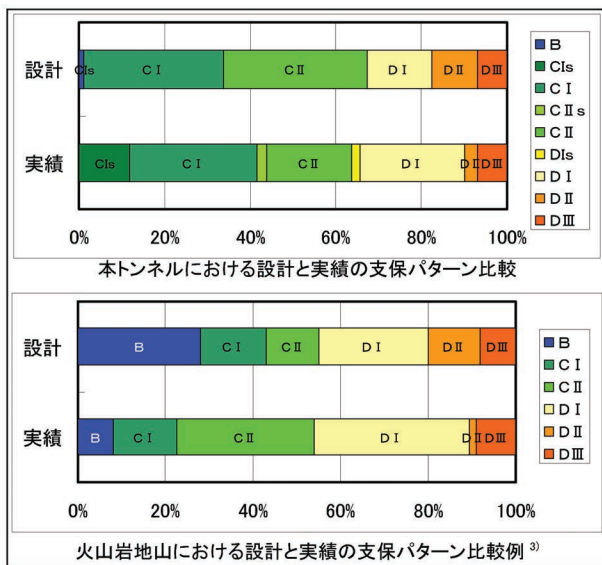


図-10 トンネル支保パターンの設計と実績の対比

Fig. 10 The comparison of the design and the results of the tunnel support pattern

表-4 提案したトンネル新支保パターン

Table 4 The proposal of the new tunnel support pattern

地山等級	支保パターン	1掘進長(m)	吹付コンクリート(cm)		ロックボルト(m)		鋼アーチ支保工		m当たり単価削減率(%)*	掘進速度(m/月)	掘進速度向上(m/月)	施工延長(m)	備考
			従来	高強度	長さ	ピッチ	上半	下半					
B	B	2.0	5.0		3.0	1.5×2.0			-	-	-		当初設定
CI	CIs	1.9		10.0	3.0	1.5×1.9			1.2	128	16	184.3	吹付強度36N/mm ² 以上
	CI	1.5	10.0		3.0	1.5×1.5				112			当初設定
CII	CIIbs	1.5		10.0	3.0	1.5×1.5	H-125		2.8	100	13	37.5	吹付強度36N/mm ² 以上
	CIIb	1.2	10.0		3.0	1.5×1.2	H-125			87			当初設定
DI	DIbs	1.2		15.0	4.0	1.2×1.2	H-125	H-125	2.5	76	9	28.8	吹付強度36N/mm ² 以上
	DIb	1.0	15.0		4.0	1.2×1.0	H-125	H-125		67			当初設定

