

応用地質株式会社 木村正樹
 応用地質株式会社 鳥居 敏

1. 事例の概要

本事例は、道路整備事業の進捗においてCM方式を採用し、同一の地質技術者が調査の最終段階から施工完了段階まで現地に常駐して事業運営に携わることにより、地質リスクの発現を回避した例である。

兵庫県の豊岡市および養父市において両市を結ぶ道路の整備計画が立ち上がった(図1参照)。この道路には約1.5kmのトンネル建設が含まれており、さらに希少猛禽類の問題もあった。しかし、両市には量的・質的に技術者が不足していたため、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ことを目的として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)として事業を運営し、無事完了させることができた。



図1 現地案内図

表1 事業工程とCMRの実施体制

検討項目	業務年度						備考
	H14	H15	H16	H17	H18	H19	
事前調査・測量	[Bar]						
環境調査検討委員会	[Bar]						猛禽類対応
CM業者選定	[Bar]						
予備設計	[Bar]						
詳細設計(明かりトンネル)	[Bar]						
明かり工事	[Bar]						
トンネル工事	[Bar]						設備工事 H19年度は県担当 安定解析、対策検討
CM契約期間	[Bar]						
チーフマネジャー	[Bar]						非常駐
マネジャー	[Bar]						役所・現場事務所
施工担当サブマネジャー	[Bar]						現場事務所常駐
工務担当サブマネジャー	[Bar]						役所常駐
イベント	[Bar]						養父市合併 23号災害 豊岡市合併 兵庫県体 開通

本事業は延長2,772m(うちトンネル延長1,563m)の2車線道路を5年間で整備することが目的である。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、猛禽類保護・連絡調整(関係者が2市、県、施工業者と多岐に渡る)・地元貢献などの本事業における特殊性の部分とに分けられる。

この課題に対応するため、CMRは全事業期間5年のうち事業期間後半の3年4ヶ月間事業に関与した。メンバーは全体を管理する非常駐のチーフマネジャーと全期間常駐する工務サブマネジャー、主として工事期間から常駐するマネジャーと施工担当サブマネジャーの4名である(表1参照)。本事業の運営体制を図2に示す。

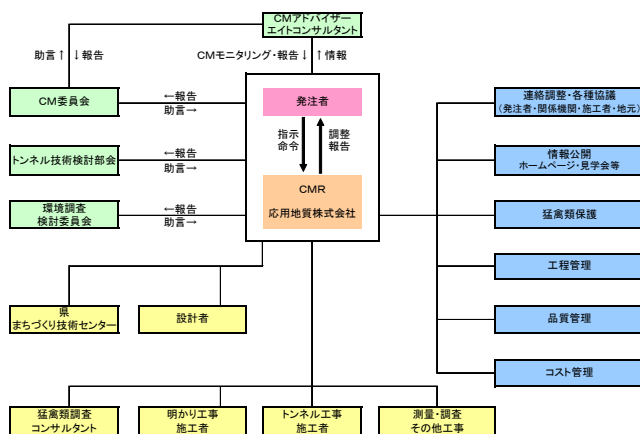


図2 事業運営体制

2. 事例分析のシナリオ

CMR として業務に関与し始めたときは、調査の最終段階であった。このため、それまでの調査結果の確認を行い、問題点の抽出を行った。その結果、以下の点での問題が明らかとなった。

- ① 終点側路線のルート上に砂防河川があり、砂防対応を考慮すると工期厳守が困難。
- ② トンネル地山区分が、火山岩における地質リスクを反映できていない。

火山岩の地質リスクについて、既往文献で設計時と施工時のトンネル支保パターンの差異についてとりまとめたものを図 3 に示す。これによると、設計時→施工時にかけて支保パターンの比較的軽い B

パターンは減少し、逆に支保パターンの重い C I ~ D I パターンは増加する傾向が示されている。これはつまり工期の遅延、工費の増加につながるものである。この点が「トン

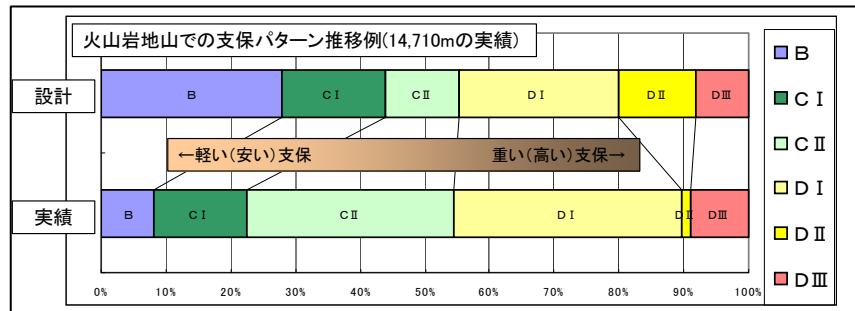


図 3 火山岩地山での支保パターン推移例

ネル工事は 2~3 割増加は当たり前」といわれる原因のひとつであると考えられる。

事前調査の段階で適切な支保パターンを設定しておき、それに基づいて施工計画を立案しておけば、施工段階での工期遅延、工費増加のリスクが軽減できると考え、追加調査(鉛直ボーリング、地表踏査)を実施して調査結果の精度向上を目指した。詳細には以下の対応を行った。

(1) ルートの一部変更

CMR が事業に関与した段階の道路整備ルートはトンネル延長約 1,250m で、終点側明かり部では知見川右岸を通過していた(図 4 参照)。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(図 5 参照)。溶岩・凝灰角礫岩は不規則に分布し、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。

既往調査結果の見直しと追加調査により道路整備ルートの検討を行った結果、左岸側ルートの方がトンネル延長では約 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、左岸側ルートに変更した。

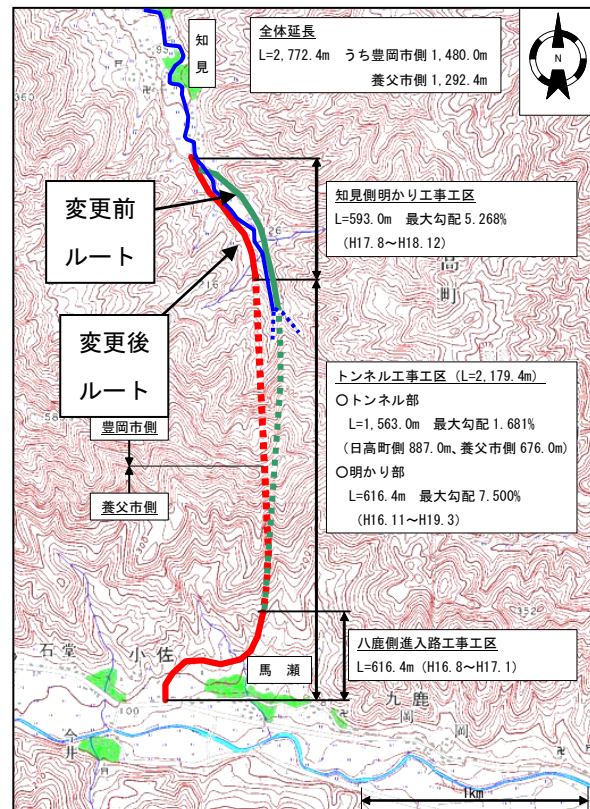
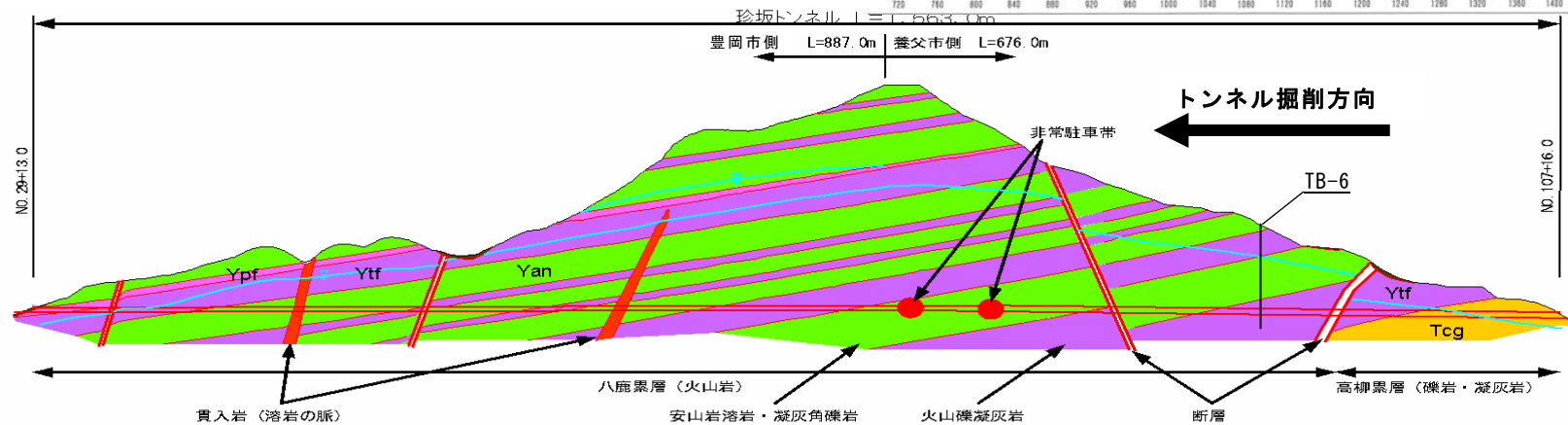
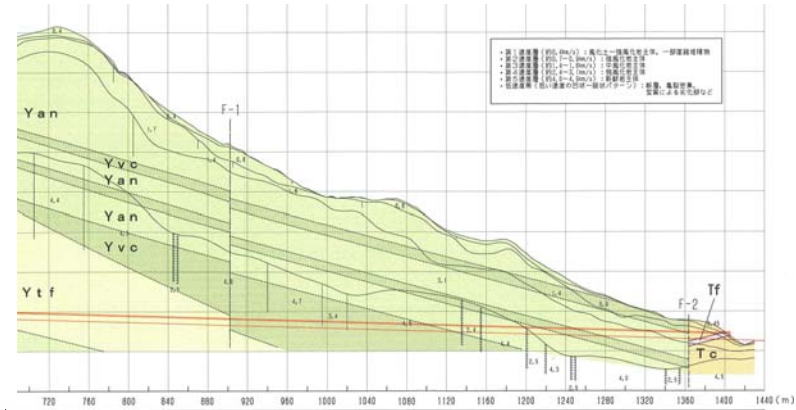


図 4 道路ルートの比較結果図

地質縦断図の見直し結果比較

- ・ 当初 (CMR 参加前) はトンネル掘削方向に対して流れ盤構造を想定。
- ・ 地表踏査、コア見直し、追加ボーリングなどにより、受け盤構造であることを確認。
- ・ これらの追加調査結果をもとに地質縦断図を修正。
- ・ 掘削の結果、修正した地質縦断図とほぼ同様の地質構造であった。

(豊岡市側 [図面左側] はルート変更により断面位置が違うため、図示せず)



																				TD m
1,500																				1,500
1,400																				1,400
1,300																				1,300
1,200																				1,200
1,100																				1,100
1,000																				1,000
900																				900
800																				800
700																				700
600																				600
500																				500
400																				400
300																				300
200																				200
100																				100
0																				0
2.11m/s																				測点
3.9-4.2																				弾性波速度 km/s
4.2km/s以上																				比抵抗値 0/m
八鹿果層 安山岩類																				予想地質
高柳果層 礫岩・凝灰岩																				設計
36 187 110.4 9 88.8 37.5 44 26 28.8 9 115.9 15 68.4 124.5 26.8 56.2 26.8 199.2 54 39.6 44 18 106 30 20 40.6																				区間長 m
八鹿果層 安山岩類																				実地地質
八鹿果層 安山岩類																				地質補注
八鹿果層 安山岩類																				実施支保バリエーション
AGF																				区間長 m
AGF																				インバート
AGF																				前方調査
AGF																				掘削工法
AGF																				鋼ボルト
AGF																				フォアボーリング
AGF																				水抜きA
AGF																				水抜きB

図5 地質縦断図の見直し結果(上段:見直し前、下段:見直し後)

(2) 地山区分の変更

CMR は概略調査段階の成果を確認した後、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。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、施工時の切羽評価点を考慮した地山評価を実施した。また、不連続面の確認のため追加ボーリング(TB-6)を実施した。これらの結果、トンネル掘削方向に対して流れ盤と想定されていたが受け盤構造であること、不連続面の傾斜が判明して前後の地下水状況が確認できたこと、などの成果を得ることができた。これらの結果と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(図 5 参照)。

3. データ収集分析

トンネル掘削工事の際には、CMR の地質技術者が切羽観察をもとに切羽評価点による判定をほぼ毎日実施した。また、一定期間ごとに前方探査を実施し、その解釈も施工業者と共同で実施した。事前調査で断層による地下水対策が必要と想定された箇所では切羽前方への水抜ボーリングを実施し、地下水による工事遅延のリスク低減を図った。

日々の支保パターンに関する判断は基本的に発注者よりCMR に委任されており、CMR から発注者に事後報告する形式を採用したため、判断に要する時間を短縮することができた。発注者としての技術的な裏づけは、有識者を含む委員会(トンネル技術検討部会)に定期的に報告して判断していただくことで担保した。

これらの対応の結果、図 6 に示すように、設計時→施工時の支保パターンについて大幅な乖離を発生させることなくトンネル掘削を完了することができた。

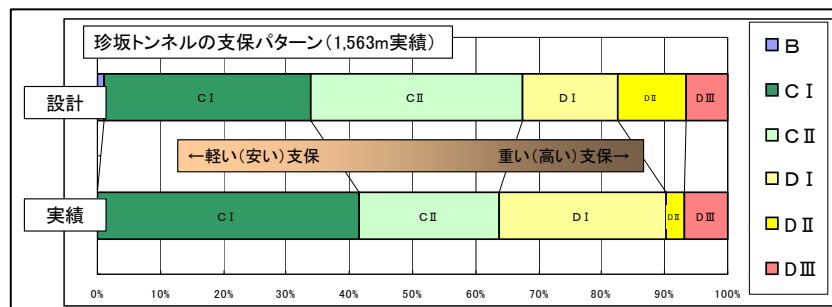


図 6 本トンネルにおける支保パターンの推移

4. マネジメント効果

調査～設計時点で支保パターンの大幅な乖離を発生させないように検討を実施し、施工時には日々の施工管理を確実に実施したことにより、大幅な支保パターンの変更を発生させることなくトンネル掘削を完了することができた。これにより、工期は当初よりも約 1 ヶ月短縮することができた。

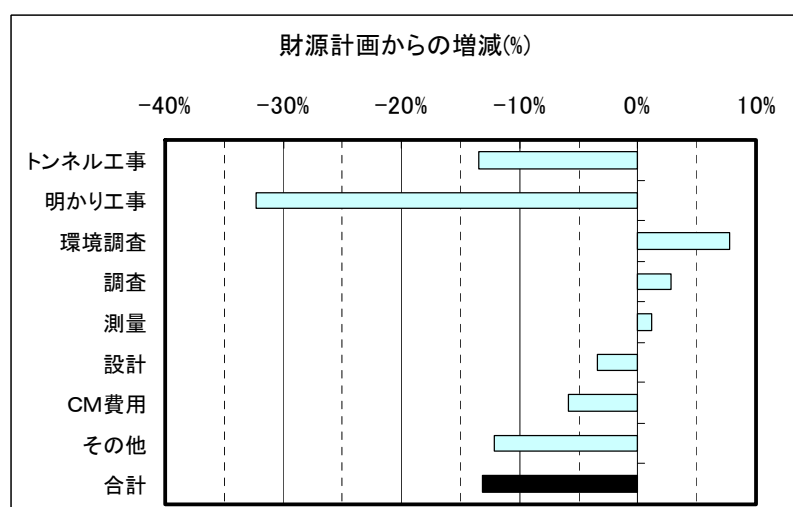


図 7 全体事業費 計画と実績の比較

また、トンネル工事の金額については契約時と比較して約 0.3 億円減額できた(図 7 参照)。

一般的にトンネル工事では工期、工費とも増加傾向であるが、いずれも当初想定範囲を超えることなく無事に計画内に収めることができたことから、本事業における監理は成功したと考えている。

5. データ様式の提案

本事業で地質に関するリスクの軽減および回避にあたって最も有効だったのは、同じ地質技術者が調査段階から施工管理段階まで一貫して携わった点である。トンネルを理解した地盤コンサルタントが CMR として事業に一貫して関わった結果、調査・設計時と施工時の支保パターンの乖離が極めて少なくでき、また各段階における成果を次の段階に確実に伝えることができた。切羽評価点を用いることでその伝達はより円滑にできた。これにより、発注者が満足できる成果を得ることができたと考えている。

今回トンネル調査～施工に対して行った内容は一つ一つを取り上げれば決して斬新な手法や最新の技術を駆使したものではなく、これまで地盤コンサルタントとして業務に携わる中で適用してきた手法を用いてその結果を積み上げていったに過ぎない。その経験を通じて、地盤に関する評価がコストや工期の重要な部分を占めている事業(トンネル、斜面、軟弱地盤などの施工)であれば、品質管理および積算に関するノウハウを持つ人の協力を得ることによって各種マネジメント業務を十分に代行、補助できることを実感した。

表 2 本事業におけるデータ様式への記入(地質リスクを回避した事例)

大項目	小項目	データ
対象工事	発注者	兵庫県豊岡市(日高町)・養父市(八鹿町)
	工事名	知見八鹿線道路整備事業
	工種	トンネル工、盛土工、調査工など
	工事概要	2 車線の道路整備事業(全長 L=2,772m)、うちトンネル区間 L=1,563m、
	①当初工事費 (トンネル工事契約時)	<財源計画時> 全体事業費:3,809 百万円 うちトンネル工事:3,044 百万円 <トンネル工事契約時> 全体事業費:3,354 百万円 うちトンネル工事:2,667 百万円
	当初工期	H16.11~H19.3(トンネル工事)
リスク回避事象	予測されたリスク発現時期	トンネル掘削時
	予測されたトラブル	支保パターンが重くなることによる工期遅延、工費増大
	回避した事象	設計支保パターンと実績支保パターンの乖離を防止、突発湧水による切羽崩壊防止
	工事への影響	地質技術者が毎日切羽観察を実施し、各種調査結果の解釈などを行って迅速な支保選定および補助工法の決定を実施。これにより円滑な施工監理を実施。

リスク管理の実際	判断した時期		CM 業務開始時(H15.12)
	判断した者		CMR
	判断の内容		火山岩地山の設計時と施工時の支保パターンの乖離を少なくすることが工期遅延および工費増大の防止に役立つと考え、事前調査を追加して、支保パターンの見直しを実施した。
	判断に必要な情報		トンネル中央付近の地質分布状況および地下水分布状況。
リスク対応の実際	内容	追加調査	トンネル中央部における鉛直ボーリングの追加。地表踏査の実施。
		修正設計	詳細設計業者に変更した地山区分を渡すことで対応。
		対策工	なし
	費用	追加調査	ボーリングおよび比抵抗探査:1,348 千円(当初計画からの増額分のみを計上) 地表地質踏査:0 円(CMR の業務の範囲内で実施)
		修正設計	なし
		対策工	なし
		②合計	1,348 千円
変更工事の内容	工事変更の内容		-
	③変更工事費		全体事業費:3,307 百万円 うちトンネル工事:2,635 百万円
	変更工期		H16.11~H19.2(トンネル工事)
	間接的な影響項目		
	受益者		兵庫県豊岡市(日高町)・養父市(八鹿町)
リスクマネジメントの効果	費用(①-③-②)		全体事業費:46 百万円 トンネル工費費:32 百万円
	工期		トンネル工事の工期 1ヶ月短縮 事業の工期厳守
	その他		

引用文献

- 1) 三宅和志(2002): トンネル事前設計における弾性波速度評価に関する研究, 山口大学大学院工学研究課修士論文
- 2) 木村正樹, 岡部幸彦, 鳥居敏, 一幡和之, 安田徹(2006): 火山岩地山トンネルの建設における評価点法の活用, トンネル工学報告集 16, 83-90
- 3) 木村正樹, 櫻井春輔, 一幡和之, 廣瀬榮, 神谷信毅(2007): 地方自治体における CM 方式による道路トンネルの施工, トンネル工学報告集 17, 167-174
- 4) 宮下心(2007): 地方自治体における CM 方式を活用した道路整備事業, 近畿地方整備局, 平成 19 年度管内技術研究発表会
- 5) 鳥居敏, 木村正樹, 石澤伸彰, 岡部幸彦(2008): 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, 応用地質技術年報No.28, pp43~60