

「直轄地すべり対策事業・高瀬地区における排水トンネルの実施設計」 —設計VEを取り入れた事例—

Design VE example: Design for execution of drainage tunnel in Takase district

土江 博
(Tsuchie Hiroshi)

1. はじめに

本地区は、高知県の最北端、愛媛県境近傍の高岡郡仁淀川町に位置する仁淀川沿いの右岸部の地すべり地である。

緩斜面の集水地形を呈し、継続的な地すべり変位が観測され、農地、農道、民家等に亀裂が生じる等の被害が生じている。地質構造は、御荷鉢（みかぶ）構造線が近傍を通過し、いわゆる破碎帯地すべりである。地すべり防止は、地すべりの状況や対策の緊急度、地形土質条件等により、排水トンネル工、集水井工及び水抜きボーリング工等の抑制工により、地下水位を排除し、すべり面付近の間隙水圧の低下を図ることを基本とする。

今回は、高瀬農地保全事業において地すべり防止対策工として計画されているD1号排水トンネルの実施設計に当たって、トンネル坑口付近の仮設計画及び断層破碎帯部の補助工法を含む掘削工法に関して、設計VEを実施し、コスト縮減工法の妥当性の確認、第三者への説明責任の資料作成等を行った。

2. 設計VE一般

設計段階におけるVEを活用し、関係する専門家の意見を聴取・反映することで機能向上、コスト縮減を可能とするものである。一般にVE手法は、製品やサービスの持っている価値を高めることを目的としている。従って、設計VEは、設計段階で機能に着目して代替案を作成し、コストの縮減や機能の向上をすることによりその価値を高める手法である。

3. VE検討会メンバー

【VEメンバー】

民間メンバー 4名（公募にて選任されたトンネル技術者）

農政局メンバー 3名、設計コンサルタント 1名、当委員会の運営者 1名

【VEリーダー】 当委員会の運営者 1名

【オブザーバー】

農政局メンバー 若干名、設計コンサルタント 若干名、当委員会の運営者 若干名

4. 設計VE活動方式

設計VEの実施段階は、全体実施設計（全計）、基本設計、実施設計の段階の中で、いずれかの段階で設計VEを実施することになる。全計段階のみで設計VEを実施した場合、設計の細部を決定する各種調査データが不足し、個別構造の設計などの具体的技術に結びついた検討は不可能である。また、基本設計の段階での検討では、全計の見直し作業となる場合が多く、計画路線、施設構成、配置計画、管理手法などの基本設計レベルにとどまってしまう可能性がある。一方、実施（詳細）設計段階では、必要なデータが整備され同時に関係する制約条件が明確になり、結果として主要な設計仕様、構造等が既に決定され、設計VEの適用範囲が狭くなってしまうこともある。

今回のD1号排水トンネル設計は基本設計は完了し、実施設計を行う前段の状況であった。このため、設計VEを基本設計の一部と考え、設計コンサルタントが全計から変更した独自案（設計VE素案）として作成した設計VE報告書を第1回設計VE検討資料とした。設計VEの実施段階は、基本設計と実施設計の中間的段階で実施することが可能となり、全計を含めた設計の基本思想まで遡って検討することが出来た。検討会は全3回とした。

5. 設計VE実施手順

標準的な設計VEは、1. 機能定義、2. 機能評価、3. 代替案作成、の3段階に分けられ、それぞれを細分化して個別に検討することとした。

6. 具体的な検討内容

6-1. 第1回検討会

(1) VE対象項目概要説明（情報収集）

第1回検討会は、設計VE検討会説明資料及びその根拠となる設計参考資料により、全体事業概要、VE対象範囲、設計原案などの説明と質疑を行い、検討会参加メンバーの判断基準となる情報レベルが均一となった。

(2) 現地調査

VE対象となるD1号排水トンネル坑口位置、仮設計画位置、地質地形、植生などの現地条件、設計VE素案などの計画を図面で示し、メンバーからの質疑を受け、その後、過去に実施されたボーリングコアを確認し、排水トンネル位置と地質の関係を確認した。

(3) 設計VE概要説明

VEリーダーにより、メンバーに対し、「VE」とはどのようなものか、設計VEの工程、手法など最終的な検討会の運営方針が説明された。

(4) 情報収集・分析

・設計VEにおける主な前提条件

トンネル内の断層破碎帯奥区間は、トンネル本体の排水効果を見込む。地すべり土塊の年間移動量は、約3～7cm。現況地下水位は、トンネル上部20～30m。縦断勾配は、0.5%。地すべり面よりトンネル上面まで10mの離隔を確保。

・設計VE検討会における主な検討課題

断層破碎帯における掘削工法（補助工法）。坑口位置及び仮設工法。

(5) 機能の定義、機能系統図作成、アイデア発想と概略評価

6-2. 第2回検討会

・アイデアの発展及び代替案の選択

概略評価で残ったアイデアについて、改めて参加者全員で検討を行い整理した。

【トンネルにおける有力アイデア】

地山の支保工パターンの整理（B・C・Dタイプ）。先行ボーリング基地を設ける（先行水抜きボーリング、地山状況確認）。

【坑口・仮設における有力アイデア】

仮設ヤードの効率化。坑口進入路の形状

6-3. 第3回検討会

検討代替案の整理と採用案の決定

(1) 地山の支保工パターンの変更

NATM工法とし、Cタイプのうち、地山状態の良好なものについてはBタイプとし発破掘削とする。また、可能な限り集水効果の高い工法を選定することを前提とし、FEM解析（有限要素法）を実施した上で総合的に検討し、支保パターンを変更する。

→ 検討結果、FEM解析により安全性を確認している。

- ・支保工+コンクリート覆工 → 上半吹付けコンクリート+ロックボルト工
- ・地山ゆるんだ後、下半吹付けコンクリートを実施する。（ただし、地山が悪い場合は、下半吹付けコンクリートを早急に実施する。
- ・ロックボルトは、上半4本を標準とし、後は省略する。
- ・B、Cタイプは吹付け厚で区分する。
- ・仮インバートの吹付けコンクリート（ $t = 50\text{mm}$ ）は省略する。

なお、発破については、地すべりへの影響を考慮し、試験発破を実施することとする。

(2) 先行ボーリング基地を設ける

VE検討会の検討結果により先行ボーリングが必要であることを提案する。その場合、原案は切羽からとなっているが、VE提案は基地を設けることとし、比較検討する。

→ 検討結果、断層破碎帯部（名野川スラスト区間）先行ボーリングを実施することで作業の効率化を図る。

(3) 仮設ヤードの効率化

当初原案は、情報収集図における案（大規模な仮設構台は必要としない案）とする。

→ 検討結果、仮設ヤードを効率的に配置することで、施工性及び経済性が向上する。環境への影響も低減される。

(4) 坑口法面の形状

鉄筋を含むコストの比較検討

→ 検討結果、現場吹付けコンクリートからFRP製格子形状のグリーンパネルに変更することにより、施工性及び経済性が向上する。

7. 設計VE提案

機能向上とコスト縮減効果

設計VEにより、全計及び設計VE素案に比較し、約56,000千円のコスト縮減、約18%の大幅な工事費低減を可能とした。