

設計施工提案付き入札時V E工事の 提案から施工まで

山科勝嗣¹・岩持政樹²

1 法人会員 国土交通省東北地方整備局新庄工事事務所工務第二課課長（〒996-0071 山形県新庄市小田島町 5-55）

2 法人会員 佐藤工業株式会社横道沢作業所所長（〒980-0014 宮城県仙台市青葉区本町 1 丁目 10-3）

本工事は、山形県最上地方の豊牧地すべり横道沢ブロックにおける地すべり防止対策工の一環として延長約 1100mの排水トンネルを施工し、トンネル坑内の試錐座からの集水ボーリングにより地下水の排除を目的とする工事である。

この工事は、従来の入札時V E工事と異なり提案できる範囲を設計まで拡大させ、更なるコストダウンを目的とした設計・施工V E提案工事である。本稿では設計・施工V Eの入札プロセス、提案内容をまとめる。また、本工事は、国土交通省直轄工事において初めての設計・施工V E提案工事であり、今後、この入札方式は増加することが予想されており注目工事となっている。

キーワード：設計施工提案型入札時V E，排水トンネル，小断面N A T M

1. 工事概要

排水トンネル工

トンネル延長 1,090m

トンネル掘削断面積 6.2～19.3m²

工法 小断面N A T M

吹付コンクリート 乾式

ズリ坑内運搬 レール方式

支保パターン C I～D III

地下水排除工

集水ボーリング 5,062m

集水井φ3,500mm 2基

橋梁工 1式

工事用道路 1式

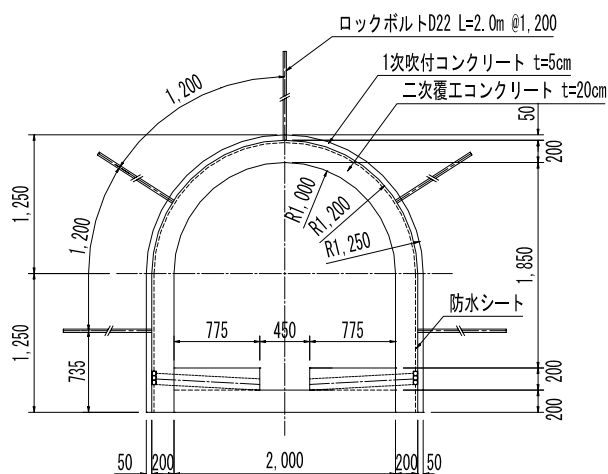


図-1 トンネル標準断面図（V E提案）

図-1 にトンネル標準断面図（V E提案）を示す。

図-2 にトンネル平面図を示す。

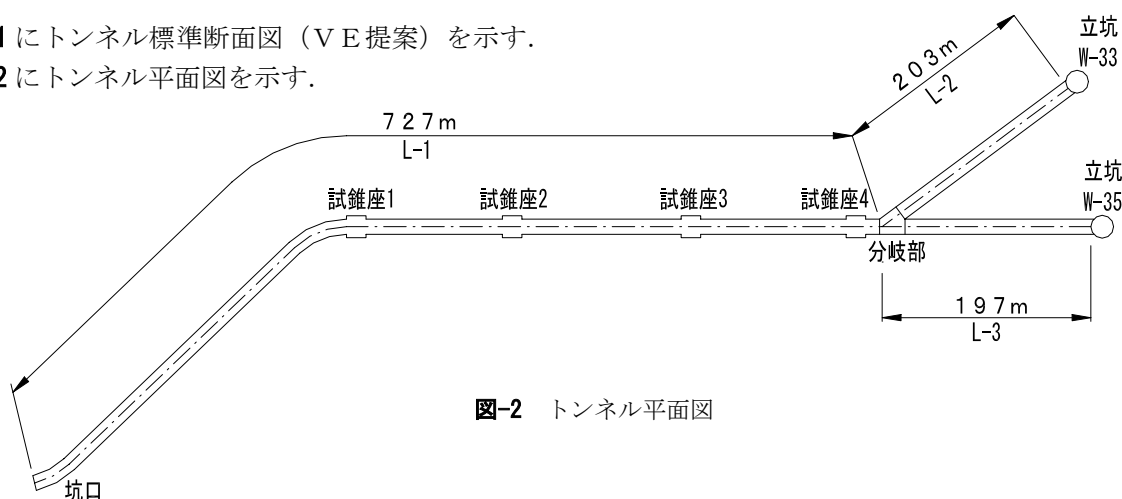


図-2 トンネル平面図

2. 設計施工VEの入札までのプロセス

入札までの経緯を図-3に示す。

3. 設計条件

設計施工VEについては、入札説明書で下記のように記述されていた。

工事内容

1. 施工方法の提案，または設計および施工方法の提案を求める工種

トンネル：延長	約 1,100m
内空断面	基本性能による
掘削約	1,100m
支保工	約 1,100m
覆工約	1,100m
坑門工	1 基

試錐座：内空断面 基本性能による

2. その他 集水ボーリング，立坑

VE提案の対象となったのはトンネル工のみであり，要求された基本性能は以下のとおりであった。

基本性能

1. トンネル一般部の内空断面は，幅 2.0m（通路工天端における内空幅），高さ 1.85m（通路工天端における内空高）以上とし，試錐座から施工する集水ボーリング用資機材の搬入搬出に支障を及ぼさない断面を確保するものとする。
2. トンネル試錐座は，試錐座内から集水ボーリングの施工を可能とする内空断面積及び長さを確保するものとする。
3. トンネル内を流下する地下水排除工の計画排水量は $2.7\text{m}^3/\text{分}$ とし，計画排水量が流下可能な排水路を確保するものとする。

平成 11 年
10 月 7 日

競争参加資格確認申請書

10 月 15 日

設計施工VE説明会

11 月 15 日

競争入札参加資格確認通知
指名・非指名通知

11 月 18 日

入札公告および入札説明書の交付
技術資料作成要領の交付

12 月 3 日

設計施工VE提案資料作成

設計施工VE提案内容審査

12 月 24 日

入札・開札

VE提案採否書により提案内容の各事項に対する採否が明示され，「否」とされた事項については標準案での見積りとなる。
当社の提案内容はすべて，受け入れられた。

図-3 設計施工VE入札フロー図

4. 当社の提案と標準案の比較

標準案で示されたトンネル各部の機能を十分認識した上、さらに施工の確実性・安全性・経済性を勘案し以下の項目について提案した。

- ・トンネル工法はNATM工法を採用し、施工可能な最小断面とする。
- ・排水路断面は、排水路深さを浅くし、通路工コンクリート量を削減するとともに内空断面の確保に供する。
- ・トンネル湧水は、坑内排水路に引き込むこととし、底版下のセンタードレーンを省略する。

(1) トンネル及び試錐座の内空断面、排水路断面及び掘削方法

a) トンネル及び試錐座の内空断面

標準案と当社V E案断面を図-4に示す。

トンネル一般部の内空断面は、使用機械の搬入・搬出、坑内での作業性、安全性及び工程を考慮し、最小断面を設定した。断面決定要素は

- i) 掘削機械の作業性と掘削後の搬出
- ii) ブリ積込み設備の大きさ（幅、高さ、長さ）
- iii) ブリ搬出設備と安全通路（幅 600mm）の確保
- iv) ボーリング機械の搬入・搬出

が考えられるが、i)～iii)を決定するには1サイクル当りの掘削量に対するブリ積込設備・ブリ搬出設備の選定が必要であり、検討ケースとして

- ケース1 トレンコンベヤ+2m³鋼車の編成
- ケース2 トレンコンベヤ+3m³鋼車の編成
- ケース3 トレンコンベヤ+4.5m³鋼車の編成
- ケース4 シャトルカー

について、必要掘削断面、施工性、経済性を比較検討した結果、掘削断面をH=2.5m B=2.5mとし、

トレンコンベヤ+2m³鋼車3両編成

(1サイクル当り2往復)

とするのが最適との結論となった。

掘削断面としては標準案に対して幅で20cm、高さで10cmの縮小が可能となった。トンネル内空断面は、吹付・二次覆工及び底版コンクリート・通路コンクリートを考慮し表-1に示す大きさとなる。表-1にて内空幅・内空高さは、通路工天端における値であり、()内数値は、標準案を示す。

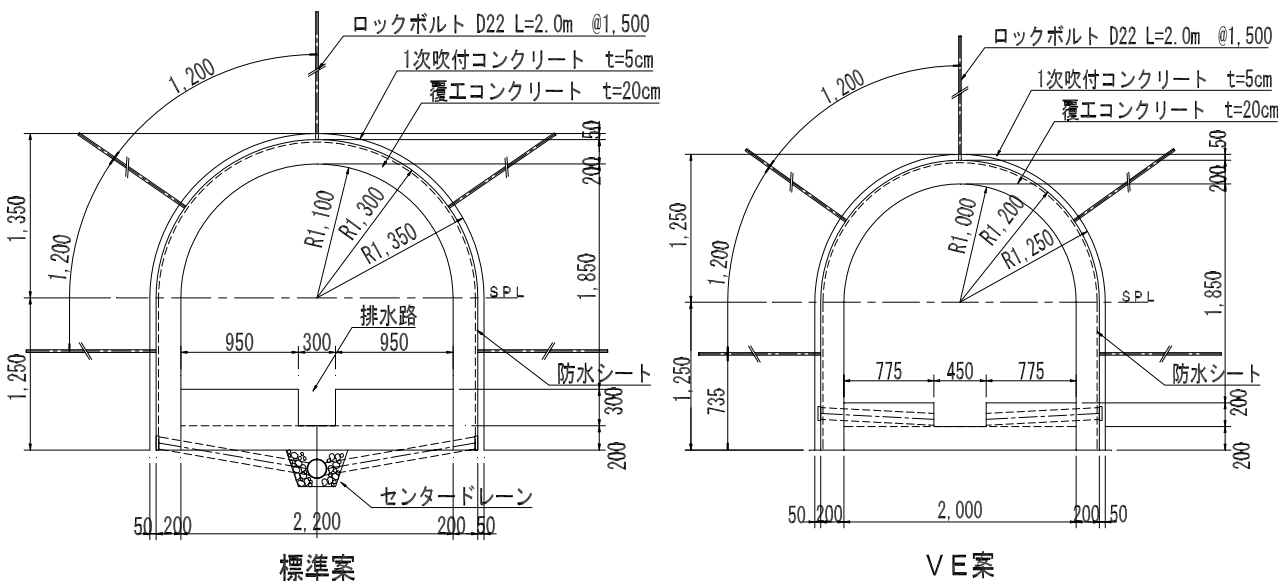


図-4 トンネル一般部断面比較

表-1 トンネル各部の内空断面

	内空幅	内空高さ	掘削断面：幅×高さ(m)
一般部	2.0m (2.2m)	1.85m (1.85m)	Cタイプ：2.5×2.5(2.7×2.6)
分岐部最大断面	5.0m (5.3m)	3.35m (3.4m)	5.6×4.05 (5.8×4.15)
試錐座	4.0m (4.0m)	3.05m (2.75m)	4.5×3.7 (4.5×3.5)

分岐部の最大断面は、両分岐トンネルの線形は変えず、ピラー部の最小幅を標準案より 100mm 大きい 900mm とした上、一心円幌型断面として幾何的に決定した。

また、試錐座内空断面は、ボーリング機械の仕様、作業性、安全性を考慮した結果、通路工コンクリートを後打ちとすれば標準案通りで納まるが、供用後の追加ボーリングの施工性も配慮して高さを標準案より 300mm 大きくするものとした。

表-1（前頁）にトンネル各部の内空断面を示す。

b) 排水路断面

標準案の排水路断面は、幅 300×高さ 300 であり、この断面の流下能力をマンニングの式で算定すると 8 割水深として 4.2 m³/min となる。

また、底版下のセンタードレーン（VU φ 150）の最大流下能力は、粗度係数を平滑な塩ビ管と仮定して同式にて 0.9 m³/min と算定される。

一方、地下水排除工の計画排水量は 2.7 m³/min でありセンタードレーンの排水量を合わせても余裕のある断面設定となっている。

これより本提案では、標準案と同等の流下能力を有するよう排水路断面を幅 450×高さ 200 に変更し、トンネル湧水をこれに合流させることによりセンタードレーンを省略し、併せて通路工コンクリート量の削減及び内空高さの確保を図るものとした。

c) 掘削方法

本トンネルは、小断面であるため全断面掘削とし、周辺地山を緩めないよう NATM 工法による機械掘削方式を採用した。

トンネルの進行を優先すれば支保形式としては矢板工法も考えられるが、当工事地質データからも局所的な脆弱部や強度に方向性を有していることなどが確認されており、地山の緩み防止以外にも地山変化に対する計測等による即時対応性、遮水機能の確保などの点で NATM 工法が有利であると判断した。

(2) 支保構造、覆工厚

支保構造・覆工厚は、標準案による地山区分・地山等級を遵守し、図-5、図-6、図-7 に示す。

坑口部は D タイプ（図-6）で、アーチクラウンの 120 度の範囲を L=3.0mctc0.6m フォアパイリングで補強する。

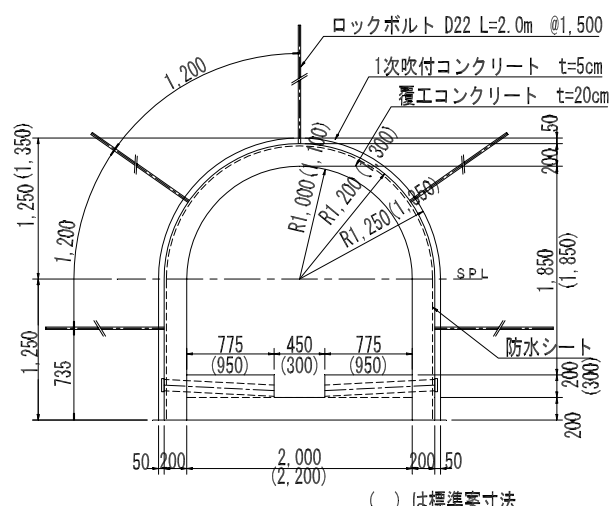


図-5 一般部Cタイプ支保工図

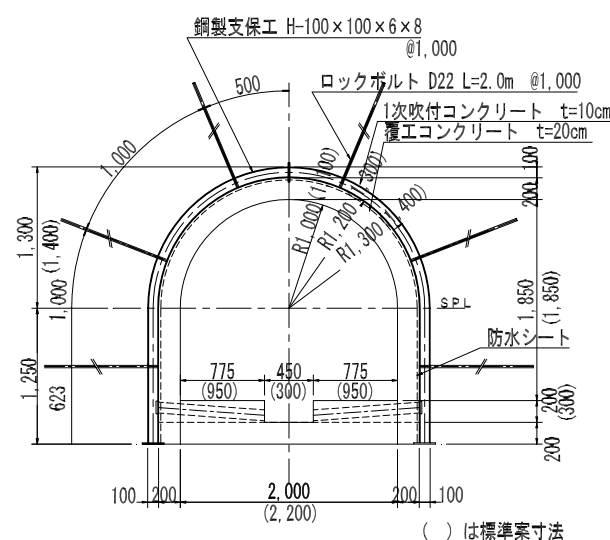


図-6 一般部Dタイプ支保工図

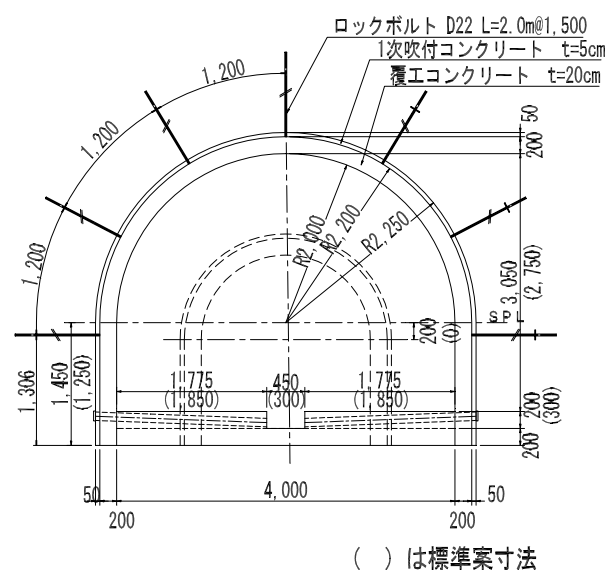


図-7 試錐座部支保工図

(3) トンネル掘削に使用する機械・器具と内空断面の関係

掘削機はロードヘッダ S65, ブリ積込み設備はトレンローダを使用する。ブリ運搬は軌道方式とし 2m^3 鋼車を3輦編成とし4t バッテリ機関車により牽引し搬出する。

覆工コンクリート等コンクリート打設は, 3m^3 アジテーターカーを4t バッテリ機関車により坑内に牽

引しコンクリートポンプにて行う。ロードヘッダ, トレンローダ, 鋼車と内空断面の関係を図-8, 図-9, 図-11, 図-12 に示す。

軌道中心をトンネルセンターから 10cm シフトすることにより, 掘削部を除き一般部およびカーブ全線で歩行者通路幅 60cm を確保する。位置関係を図-10 に示す。

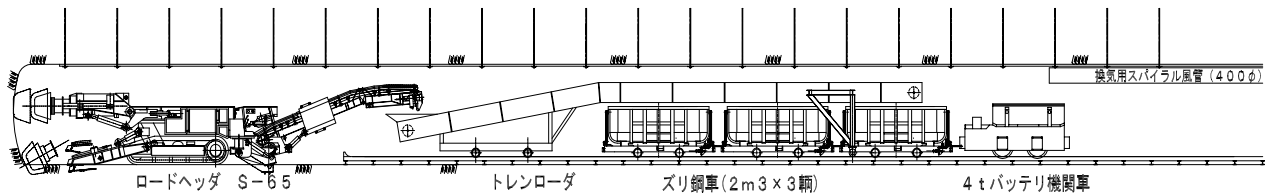


図-8 掘削時機械配置図

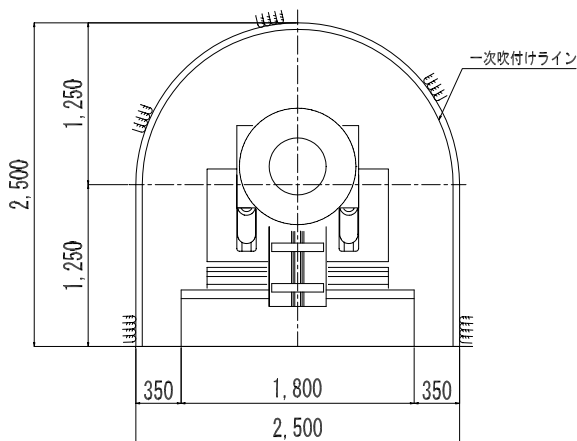


図-9 切羽部断面図 (ロードヘッダ)

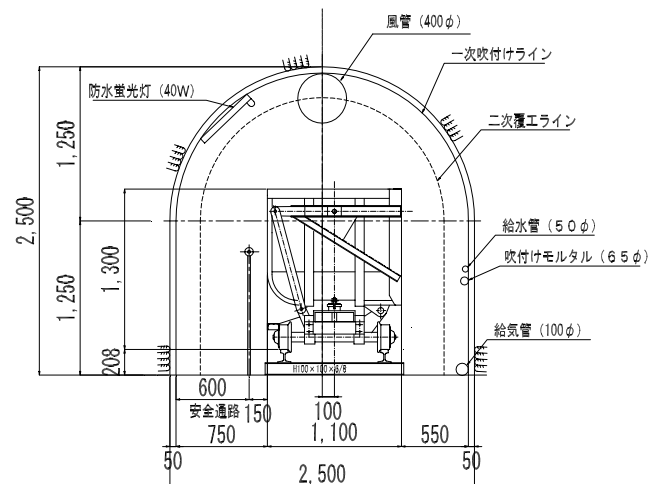


図-10 坑内一般部

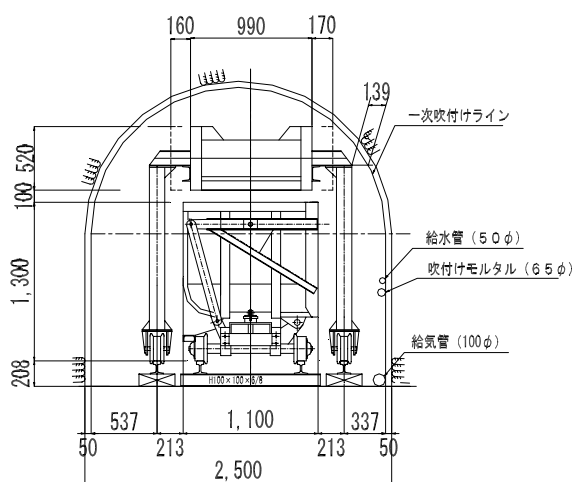


図-11 トレンコンベヤ+鋼車 (直線区間)

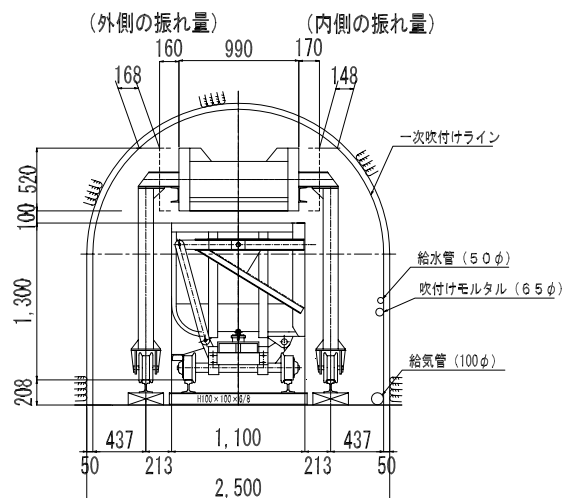


図-12 トレンコンベヤ+鋼車 (曲線区間)

(4) 試錐座の内空断面

a) 集水ボーリングに使用する資機材とトンネル及び試錐座の断面との関係

削孔対象とする地質は、第三紀層砂質泥岩で一軸圧縮強度 $q_u=20\text{Mpa}$ とさほど硬くはないが、作業効率を図るためロータリーパーカッション式の二重管削孔が可能な機械とし、さらに、ケーシングを固定するアウトロック、インナロッドを固定するインロック機構を有する削孔機を使用する。

使用機資材を表-2に示す。削孔時のトンネル断面との関係を図-13に示す。

b) 使用する資機材とトンネル内の運搬方法と断面の関係

試錐座までの運搬は、専用の台車によりおこない、試錐座での積卸しは覆工コンクリートに配置したフックを利用し、主にチェンブロックを使用する。

運搬時のトンネル断面との関係を図-14、図-15に示す。

表-2 集水ボーリング使用機械（1セット当たり）

番号	機械名称	仕様・規格	数量	備考
1	ボーリングマシン	パーカッション	1台	3250×1890×1370 2.5 t
2	パワーユニット	55Kw	1台	1500×1000×1300 1.5 t
3	送水ポンプ	150 L/m i n 11Kw	1台	
4	給水タンク	1.5m ³	1台	
5	水中ポンプ	1Kw	1台	
6	ロッド関係		80m	

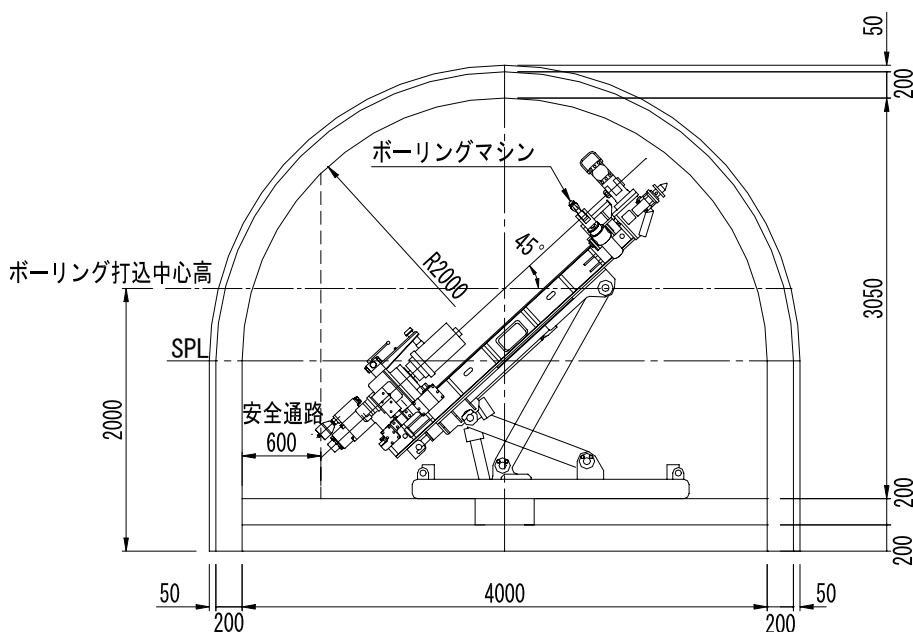


図-13 ボーリング削孔図

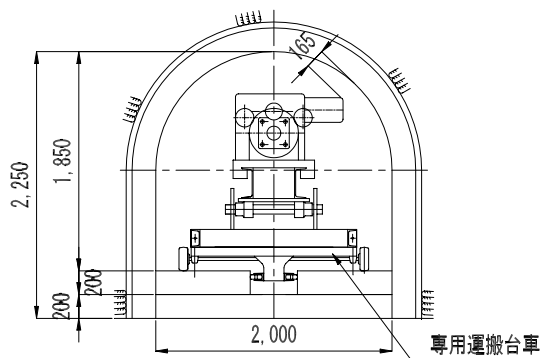


図-14 ボーリングマシン運搬図

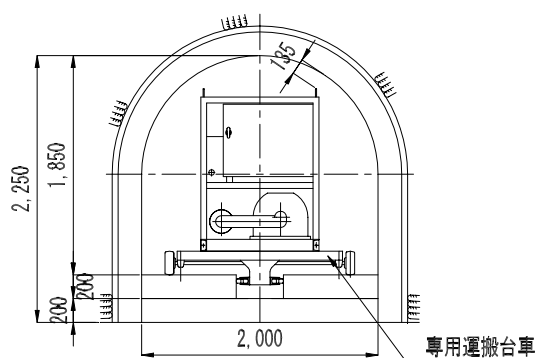


図-15 パワーユニット運搬図

(5) トンネル分岐部の補強方法、範囲等

a) 分岐部の補強範囲

併設される分岐後のトンネルは、相互に影響を与え、その離隔距離が1 D以内の範囲で顕著となる。従って補強はこの範囲について行う。

また、両分岐トンネルの間にあるピラー部は形状的に不安定となり易く、もし、この部分に変形を来した場合には拡幅部への応力伝播が懸念される。拡幅部についてはこのような状況も想定し、分岐手前の数m分についても補強を行うこととする。

b) 分岐部の補強方法

補強方法は、両分岐トンネルおよび拡幅部ともDタイプの支保パターンを適用し補強を行う。

ピラー部については、先行トンネルのロックボルトにファイバーボルトを使用し、後行トンネル掘削時に切断撤去した上、ピラー部を貫通するタイロッドを設置して補強する。また、分岐切羽面には、鏡吹き・フェースボルト (L=3.0m) 打設を行い安定させる。図-16、図-17、図-18に分岐部の構造を示す。

この他に試錐座・分岐部の掘削方法、覆工コンクリート・集水ボーリングの施工方法、安全対策、仮設備等について提案を行った。

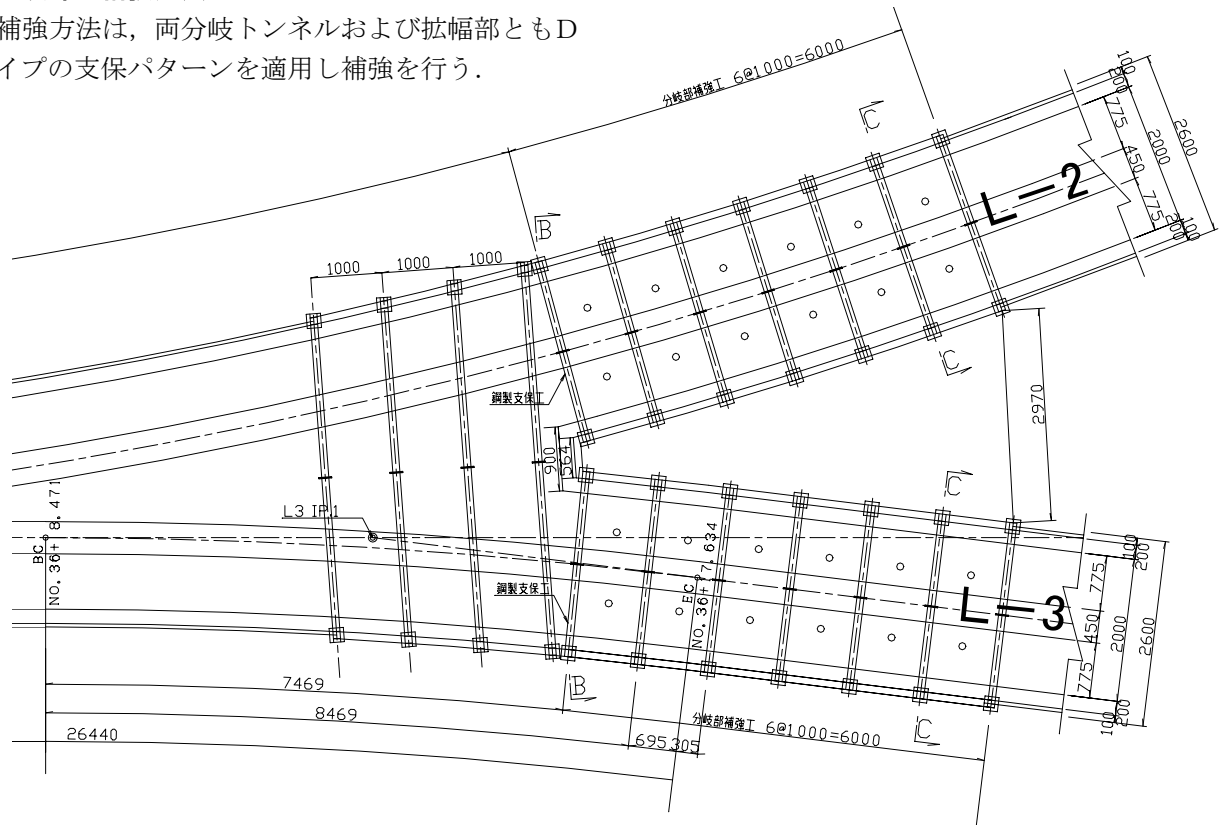


図-16 分岐部補強平面図

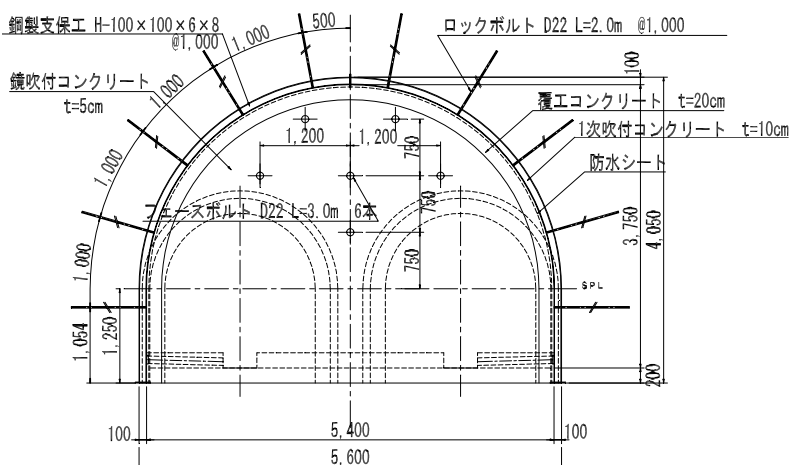


図-17 B-B断面図

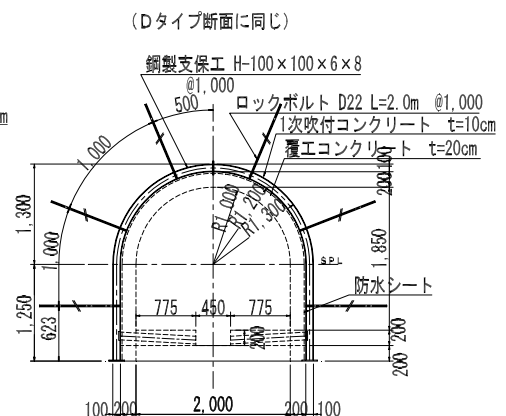


図-18 C-C断面図

5. 他社を含めた提案内容

入札に参加した9社からのV E提案は、標準案に対して施工に関する提案のみが1社、設計・施工についての提案が8社であった。提案内容を表-3に示す。

6. V Eによる工事費の削減額

今回の標準案 960, 150 千円に対して、設計施工提案型入札時V Eによる各提案内容の削減額を表-4に示す。

表-4 提案内容別の削減額

内 容	削減金額 (千円)	金額計
標準案	—	960, 150
掘削断面変更	-32, 600	-60, 150
排水路断面変更	-12, 150	
中央暗渠省略	-15, 400	
入札金額	—	900, 000

7. おわりに

今回設計施工V Eの提案対象となった排水トンネルの掘削区間は土被りが30～60mであり、地質は一軸圧縮強度20Mpaで固結度の高い泥岩であり、比較的安定した地山であることが提案時に想定でき、補助工法の必要性がなかった。また、トンネル断面が非常に小さいことから、使用機械が限られる。さらに発破工法は地すべり地帯であるため、使用できない。以上のことから、各業者が保有する技術のノウハウを発揮する範囲が狭まったことが考えられる。

設計施工提案型入札時V E方式は他のV Eと比べ、さらなる工事費の削減が望め、各社の持つ技術力を発揮して受注に結びつける入札方式である。しかしながら、この入札方式は入札参加業者にとって、従来の入札とは比べものにならない提案時の労力が掛かる。

また、本工事では地すべり対策事業の特殊性から全ての工種についてV E提案が可能ではなかったものの、設計変更時において全工種を対象として落札率が掛かる等の問題もあり、今後、本入札方式を醸成させるためにも解決しなければならない課題ではないだろうか。

表-3 設計施工提案内容

提案対象	提案内容	要旨	業者数
設計提案	通路コンクリートの形状変更	コンクリート量の削減	5
	トンネル中央暗渠の省略	中央暗渠と排水路を兼用	3
	トンネル内空断面、掘削断面の変更	掘削量の削減 覆工コンクリート量の削減	7
	トンネルルートの変更		2
施工提案	N A T M工法	標準案	6
	矢板工法	換気経費等の削減	2
	T B Mによる掘削	掘削時間の短縮	1