

休山トンネル換気立坑におけるレイズボーラー工法

国土交通省 広島国道工事事務所 福井 孝
 国土交通省 広島国道工事事務所 ○方山義彦
 国土交通省 広島国道工事事務所 富田倫彦
 株式会社 フジタ 広島支店 武田和徳

By Takashi FUKUI, Yoshihiko KATAYAMA, Michihiko TOMITA, Kazunori TAKEDA

一般国道185号の呉市本通り～阿賀間における、交通渋滞の緩和を目的として延長2.6kmの休山改良事業が計画され、現在平成14年春の供用を目指し施工中である。そのうち1.7kmの山岳トンネル(以下「休山トンネル」という)部の換気方式として、坑口周辺人家の環境を重視した立坑集中強制排気方式を採用した。

掘削工法として、従来工法に比べ経済性・安全性・施工性に優れる、機械掘削掘り上がり工法のレイズボーラー工法を採用し、コストが約20%縮減・工期が約2ヶ月短縮された。

【キーワード】換気立坑、レイズボーラー工法、コスト縮減、工期短縮

1. はじめに

一般国道185号のうち、呉市内の中央部と阿賀・広地区を結ぶ通称「呉越峠」と呼ばれる区間は、道路線形が厳しいうえ、交通量が約48,100台/日(H11道路交通センサス)と多く、朝夕のラッシュ時には著しい交通渋滞が多発し、住民の日常生活や経済活動に大きな支障をきたしている。そのため、呉市本通りから阿賀地区を直結する延長2.6km【内休山トンネル1.7km】のバイパスとして休山改良事業が計画され、平成元年度から用地買収平成6年度から工事に着手している。

休山トンネルは人家が密集する坑口周辺の環境を重視し、トンネル内の排気ガスを坑口から排出しないように、立坑集中排気方式採用しており、

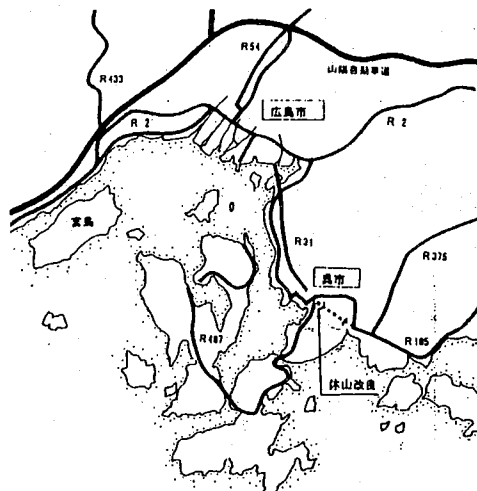


図-1 位置図

その換気立坑工事に於いて機械掘削掘り上がり工法で、国内最大径(掘削径 $\phi 5.105\text{m}$)のレイズボーラー工法を採用した。

2. 換気立坑の概要

(1) 工事概要

換気立坑の概要を図-2に示す。

本路線は完成4車線で計画されているが当面は上り線のみで2車線暫定供用する計画となっている。そのため、換気立坑も初期投資費用を抑えるため、上下線別々に設置する計画で、暫定供用時の掘削径 $\phi 5.105\text{m}$ (仕上径 $\phi 4.2\text{m}$)、掘削深度133.0mの立坑を構築するものである。

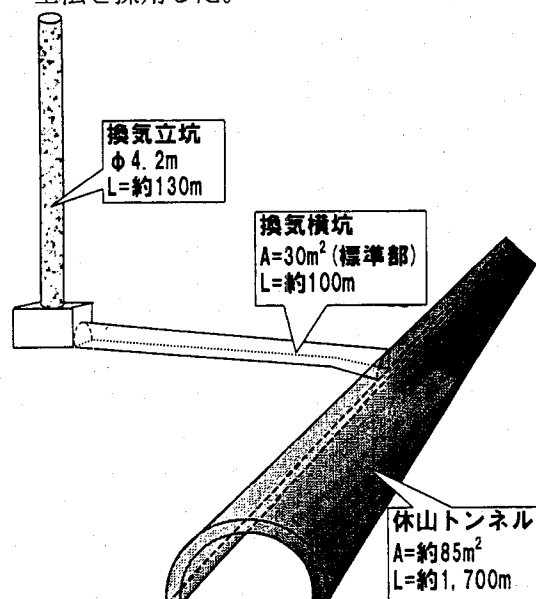


図-2 換気立坑概要

(2) 地形地質概要

休山トンネルは呉市街東部に位置する休山（標高501m）の北側に位置する。山腹斜面は30°程度をなし、やや急であるが山裾から中腹まで住宅地が広がっている。

地質としては、広島型の粗粒花崗岩が主に分布し、立坑中心で行った調査ボーリングでは地表から5mまでがマサ土、35mまではN値50前後の強風化花崗岩となっている。これ以深はC_Ⅳ～C_Ⅱ級の新鮮で硬質な部分と風化のやや進行した脆弱な部分とが交互に分布している。

換気立坑の規模と地質を図-3に示す。

3. 立坑掘削工法の選定

(1) 施工方法選定の基本方針

立坑の施工方法掘削方式により分類すると表-1の様に区分できる。

工法選定に際し、経済性、安全性と工期短縮を重点に以下の事項を基本方針とした。

- 1) 通常工法にとらわれず経済的な工法であること。
- 2) 当該地山の地質に対し側壁部の安定性が十分確保できる工法であること。
- 3) 工期の短縮が可能な工法であること。

当該立坑の規模に適合した工法としては、下記のものが挙げられる。

- ① レイズボーラー全断面掘削工法
- ② レイズボーラー導坑先進拡大工法
- ③ 全断面爆破掘下がり工法（ショートステップ工法）

レイズボーラー工法は、国内では掘削径4.75m・掘削深度200mのものが最大規模で、施工実績としては近年増加しつつある。海外では、掘削径6.0m・掘削深度100m迄が報告されている。国内での大口径立坑掘削の需要が多かったにもかかわらず、レイズボーラー工法による実績が少ないのは、本工法は立坑側壁部が無支保状態となるため、坑壁の自立が必要条件であり、複雑な地質である我が国には不適切であると判断され、海外の大型レイズボーリングマシンが導入されなかったためである。

そのため、立坑側壁の安定性についての検討を行った。

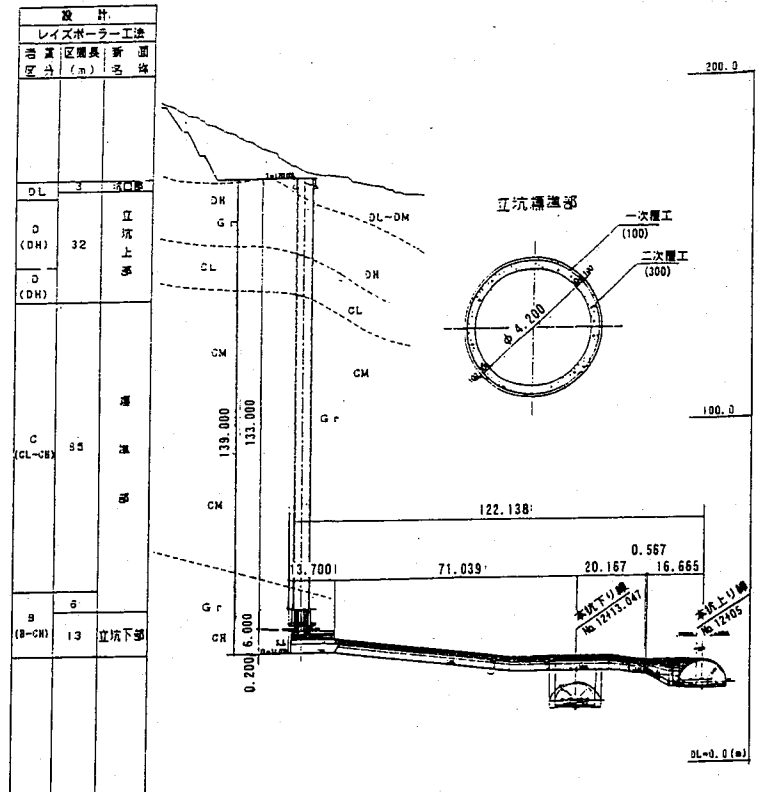


図-3 換気立坑の規模と地質

表-1 立坑掘削工法の分類

工法種別	工法細別
全断面爆破	ショートステップ工法
掘下がり工法	ロングステップ工法
全断面爆破	クライマー工法
掘上がり工法	ステージカットプラスティング工法
導坑先進拡大掘削工法	アリマッククライマー拡大工法
レイズボーラー工法	レイズボーラー拡大工法
機械掘削工法	レイズボーラー工法
	全断面掘削機工法

(2) 立坑側壁の安定性

一般に立坑側壁の安定性については、岩盤の亀裂方向に依存する場合が多い。低角度の亀裂が卓越するほど側壁の安定性は高く、逆に高角度の亀裂が卓越するほど側壁の抜け落ちや肌落ち等の崩壊が多くなり不安定となる。

今回立坑部で実施した調査ボーリングのコアをもとに、亀裂を各深度毎(5m毎)に0°~30°、30°~60°、60°~90°の3方向に大きく分類した。

(図-4参照)

立坑部の岩盤には、応力除荷に起因する地形に平行な節理が発達しているため、水平方向の亀裂が卓越している。(全亀裂の約70%) このことから立坑側壁では全体的に崩落等は少なく、安定性は高いと判断した。

(3) 坑口部不良地山の補助工法

立坑坑口部から-40m付近までは強風化花崗岩である。そのため、レイズボーラー工法とする場合には下記の目的で地盤改良を行う必要がある。

①レイズボーリング時の坑壁の自立

②一次及び二次覆工時の坑内作業員の安全確保

坑壁の自立は、立坑の成否に直接関わる問題でありマサ化している地山の崩落や、浸透した表面水による風化部の流出が起きると立坑掘削自体が困難となる。レイズボーラー工法では掘削時に作業員が坑内に入ることは無いが、一次及び二次覆

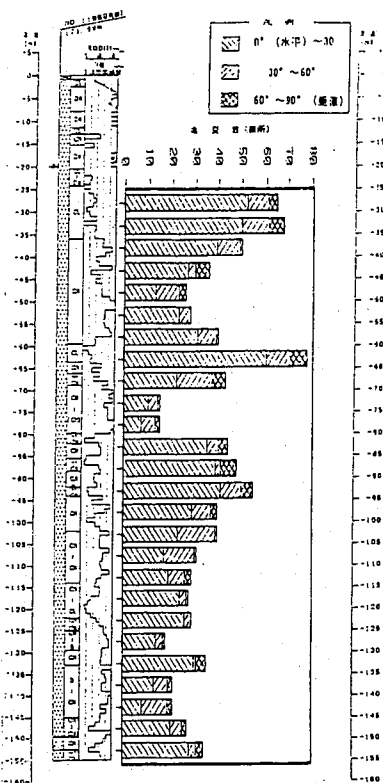


図-4 亀裂方向の深度別ヒストグラム

工施工時に入坑する必要があり、その際の作業員の安全確保も重要である。したがって、本地盤改良には、壁面の完全な固結と遮水性能及び覆工完了時までの効果の持続が要求される。

そこで、地盤改良工法として、加圧性に優れる二重管ダブルパッカー工法を採用し、注入材料は十分な浸透性注入の改良が必要であるため超微粒子系のグラウト材を採用した。

以上により、レイズボーラー全断面掘削工法が比較対象として可能であると判断した。

(4) 立坑掘削工法の比較検討

前述の3工法について施工性、経済性、工期について比較検討を行うこととしたが、②レイズボーラー導坑先進拡大工法については導坑が切り上がり後、再度下方に向けて上部から拡幅掘削を行

うため、①レイズボーラー全断面掘削工法に比べ明らかに経済性と工期で劣る。そこで①と③のショートステップ工法を比較するものとした。

(表-2)

表-2 立坑施工方法の比較

	レイズボーラー全断面掘削工法	ショートステップ工法
施工方法	パイロットボーリングを下方に貫通させリミングビットに取替、上方にリミング(掘削)を行う。	1ステップ長1.2~2.5mを穿孔発破、一次覆工を行いながら下方に掘削する。
適応性	・坑口付近の風化部分は地盤改良で対応可 ・標準部は立坑側壁が自立する。	地山状況に左右されず掘削が可能。
概算工費	仮設費 190万円(0.41) 本工事費 280万円(2.33) 諸経費 140万円 計610万円(0.81)	仮設費 460万円(1.00) 本工事費 120万円(1.00) 諸経費 175万円 計755万円(1.00)
工期	5.5ヶ月(130日)	7.8ヶ月(180日)

以上により、立坑の掘削工法としてレイズボーラー全断面掘削工法を採用するものとした。

4. 施工概要

(1) 地盤改良

前述(3-3)の地盤改良後、効果確認ボーリングを行いコアサンプルを採取した。一軸圧縮試験の結果、応力度解析で求められた坑壁自立必要強度:3.5N/mm²に対し、3.7N/mm²で必要強度を満足し

ていた。

さらに、立坑掘削完了時点で地盤改良範囲について崩落が認められず坑壁の自立が確認された。

(2) 掘削工

レイズボーラー工法によるリーミング掘削の精度は、パイロットボーリングの精度で決定されるため、事前調査ボーリングをもとに最適なロッド編成を行った。また、適切な掘削管理により、パイロットボーリング貫通時の最大偏心量は38cmで精度は掘削長133mに対し0.3%となり、掘削前に予

想された掘削精度0.5%を大幅に上回る結果となった。

掘削実績としては、掘削延長133mに対して、パイロットボーリング実日数16日、リーミング掘削実日数32日(いずれも24時間稼働)で施工を完了した。

5. おわりに

今回の換気立坑掘削で立坑側壁部の安全性を検証することにより、レイズボーラー全断面掘削工法が可能であると判断し、従来一般工法(ショートステップ工法)に比べ約20%のコスト縮減・約2ヶ月の工期短縮を図ることが出来た。

また、我が国最大径となる大口径レイズボーラー工法は、中国地方における二度にわたる大地震(鳥取県西部地震・芸予地震)をも乗り越え無事掘削を完了、良好な結果を得た。課題であった不良地盤への適

用についても、今回の工事で地盤改良を行うことにより解決されたことは、地下発電所・地下廃棄物処理場等の同種工事への適用に有効と考えられる。

最後に休山トンネル及び換気立坑の設計・施工に際し、ご意見・ご指導を頂いた『休山トンネル技術検討委員会』の委員の皆様方に厚くお礼申し上げます。

The Raise Boring Method in Yasumiyama Ventilation Shaft

For the purpose of easing the traffic congestion between the section of Kure city Hondori street and Aga of the route 185, 2.6km of total length of The Yasumiyama modification project was planned and the construction has been started. The on going project will be finished and opened for public in spring of 2002. Concentrated constrained discharge system in the ventilation shaft, which is conscious of environmental issues of a community near the tunnel portal, was applied for 1.7km in tunnel ventilation system. As for excavating, the raise boring method, which surpasses conventional method in cost effectiveness, safety, and workability, was applied to the construction and that reduced the cost by about twenty percent and shorten the period by about two months.