

換気立坑に挑むレイズボーラー工法

(一般国道 185 号休山トンネル換気立坑工事報告)

国土交通省広島国道工事事務所 正会員 方山 義彦
 国土交通省広島国道工事事務所 賛助会員 ○富田 倫彦
 株式会社 フジタ 非会員 武田 和徳

1. はじめに

休山トンネルは、国道 185 号における呉市内中心部の交通渋滞解消を目的として平成 9 年度に着工し、平成 14 年春の供用をめざし現在施工中の延長 1.7km の山岳トンネルである。両坑口が人口密集地帯であるため、換気方法としては、トンネル中央からの強制排気方式が選定された。これより換気立坑(仕上り径 4.2m、延長 133m)を設置する必要がある。掘削工事としては、レイズボーラー工法(掘削径 $\phi 5105\text{mm}$)が採用された。国内の掘削実績としては $\phi 4740\text{mm}$ までであり、 $\phi 5105\text{mm}$ の掘削径は現在のところ最大となる。

2. レイズボーラー工法の概要

立坑の一般的な施工方法としては、全断面爆破掘下り工法が挙げられる。従来工法とレイズボーラー工法との比較を表-1 に示す。レイズボーラー工法の長所として、ずり処理が容易、かつ、機械掘削で切羽に作業員が入らないため安全面に優れた点が挙げられる。また、短所としては、掘削中の支保工の方法がないため、坑壁の自立が必要不可欠となることから、軟弱地質および破碎帯での施工が困難なことである。

休山トンネルでレイズボーラー工法が採用された理由としては、①経済的・工期的に従来工法より優れていること、②安全面で非常に優れた工法であること、③地質的に堅硬な位置を選定しており、上部の地質不良箇所も薬液注入工を併用することで坑壁の自立が可能なこと、が挙げられる。

換気立坑の断面を図-1 に、従来工法およびレイズボーラー工法の施工方法を図-2 に示す。

表-1 従来工法とレイズボーラー工法との比較

工 法	工 期	安全性	施工性	経済性	地質対応性
従来工法	○	△	○	○	◎
レイズボーラー工法	◎	◎	◎	◎	△

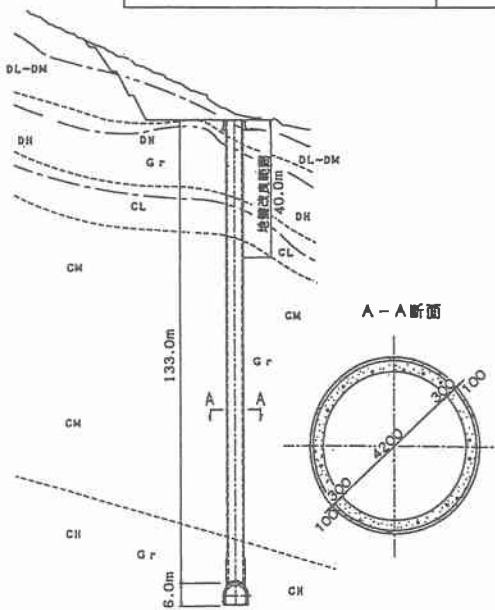


図-1 換気立坑断面

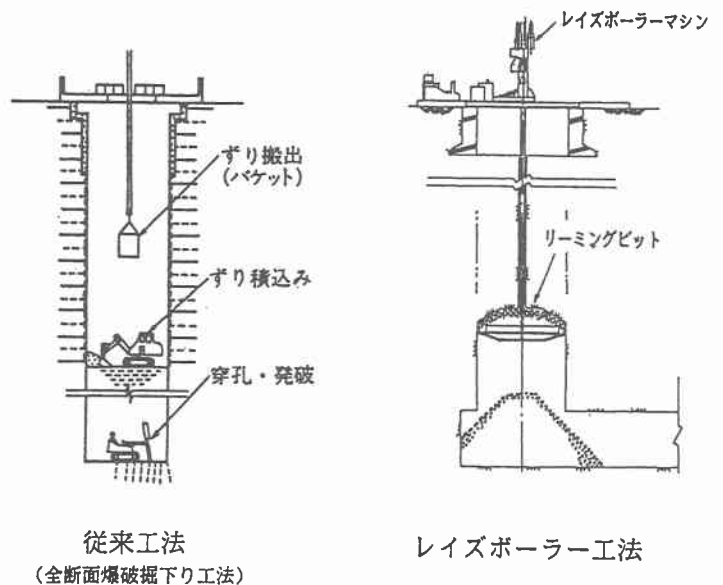


図-2 従来工法およびレイズボーラー工法

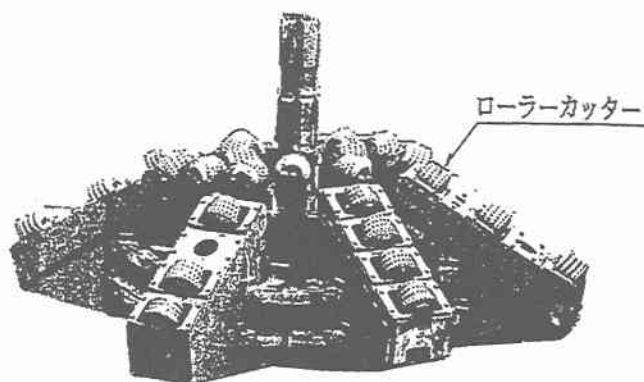


図-3 リーミングビット

表-2 岩級別掘進量

岩 級	深 度 (m)	パイロット掘削 (m/日)	リーミング掘削 (m/日)
D級	0~35	12.6	15.0
C級	35~117	7.6	3.9
B級	117~130	5.2	1.5
平均		8.0	4.0

3. 施工概要

a. 地 質

計画地点の主要地質は花崗岩で、施工基盤からの深度 40m までは風化が激しく、深度 40m から 117m にかけては、新鮮な岩盤と脆弱な部分の互層となっている。深度 117m 以深は、一軸圧縮強度 150MPa を超過するような硬質岩盤となる。地下水位は深度 90m 程度に認められた。

b. 地盤改良工

深度 40m までの強風化岩盤については、坑壁の自立が不可能な事が予想されたため、地盤改良を行なった。採用した工法は、十分な浸透性注入の改良効果が必要なことから加圧性に優れた 2 重管ダブルパッカー工法とした。また、注入材料は、坑壁自立の必要強度として、円筒モデルの応力度解析により求められた 3.5N/mm^2 を満足するため、超微粒子系の恒久グラウト材を使用した。

地盤改良工完了後、効果確認ボーリング ($\phi 66\text{mm}$) を行ないコアサンプルを採取した。一軸圧縮試験の結果は $\sigma_{28}=3.7\text{N/mm}^2$ で必要強度を満足していた。さらに、立坑掘削完了時点で、深度 40m までの強風化岩盤について崩落が認められず坑壁の自立が確認された。

c. 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孔の施工精度で決定されるため、坑曲がりの発生しにくいロッド編成を採用し、適切な掘削管理を行なうことで精度の確保に努めた。これらより、パイロット孔貫通時の偏心量は 38cm で、精度は掘削長 130m に対し 0.3% となり、施工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。また、当初懸念されたベントナイト泥水の逸水は見られなかった。

リーミングビットは図-3 に示すとおり 32 個のチップインサート型ローラーカッターで構成されている。リーミング掘削を 25m 行なった時点で、回転トルクの変動が大きくなり、掘削速度が大幅に低下したため、ロッドを降管し点検したところ、摩耗したローラーカッターが認められ、交換 (4 個) が必要であった。

掘削実績としては、立坑掘削延長 130m に対して、パイロット掘削実日数 16.2 日、リーミング掘削実日数 32.2 日 (いずれも 24 時間稼動) で施工を完了した。これは、日進の実績としてはパイロット掘削が平均 8.0m、リーミング掘削が平均 4.0m に相当する。また、各岩級ごとの掘進量を表-2 に示す。これらは、ほぼ当初の見込みどおりであり、従来工法に対し、レイズボーラー工法の優位性が認められた。

4. おわりに

休山改良換気縦坑工事において、我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をも乗り越え無事掘削を完了、良好な結果を得た。今後、換気立坑や地下発電所、地下廃棄物処理場等における大口径立坑の需要が高まるものと予想される。レイズボーラー工法の短所である不良地盤の課題も薬液注入による地盤改良にて解決されたことは、今後の同種の工事への適用に有効と考えられる。

最後に、この計画において御指導を頂いた休山トンネル技術検討委員会の皆様に謝辞を申し上げます。