

## 硬岩地山における長距離小断面山岳トンネル工事の施工実績

—高圧ガス導管 姫路・岡山ラインにおける小断面非開削工事（その4）—

鹿島建設株式会社 ○正会員 本山 豊  
 鹿島建設株式会社 正会員 仙波尚史  
 大阪ガス株式会社 正会員 宮川公一

### 1. はじめに

本工事は、大阪ガスの高圧ガス輸送導管を敷設する事業（兵庫県姫路市～岡山県岡山市、総延長86.0km）のうち、兵庫県側2,798m、岡山県側1,810mの山岳トンネル（幅2.0m）を矢板工法で施工する工事である。掘削する地層は硬岩地山（兵庫県側：流紋岩質凝灰岩、弾性波速度4.0～5.4km/sec、岡山県側：流紋岩質凝灰岩・流紋岩質火砕流地積岩類・流紋岩質凝灰角礫岩、弾性波速度4.5km/sec以上）で長距離小断面トンネルとなるので、安全性の確保や工程の面で課題があった。それらの課題に対し、待避所や離合場所の設置、発破の工夫等の対策を実施した結果、無事工事を完了させることができた。本報文はその実績について報告する。

### 2. 施工概要

掘削は、ずい道内でガス導管（φ600mm）の溶接に必要な最小幅2.0mを確保できる全断面発破掘削方式、矢板工法レール方式（鋼製支保工 H100、木製矢板 t=30mm）を採用した。（図-1 参照）

使用機械最大幅が1.8mであるため、110m間隔に幅2.75m、長さ5mの待避所を設置した。兵庫県側は相生工区1,800mと赤穂工区998mの2工区の両側施工、岡山県側は片押しで1工区施工した。湧水は、岡山県側で0.8t/分の突発湧水が一度発生したが、その他の区間では滴水程度であった。

#### 2.1 主要使用機械、換気設備

表-1 に主要使用機械、換気設備を示す。

#### 2.2 離合場所

兵庫県側相生工区1,800m、岡山県側1,810mのうち、それぞれ坑口から900m地点に幅4.0m、長さ40mの複線区間を設け、ドリルジャンボの駐機場所とした。

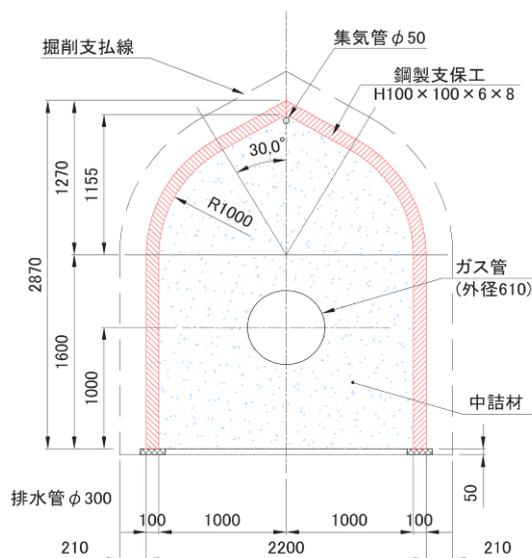


図-1 標準断面図

表-1 主要使用機械

| 種別      | 名称                        | 仕様                                | 形式           |
|---------|---------------------------|-----------------------------------|--------------|
| 削孔      | レール式ドリルジャンボ               | 2ブーム150kg, 41kW×2, 440V           | YRJ235       |
| ズリ積込    | シャフローダ                    | 70m <sup>3</sup> /h, 30kW, 440V   | KL-7         |
| ズリ運搬    | シャトルカー 15m <sup>3</sup> 級 | 15kW, 440V, 嵩上げ改造17m <sup>3</sup> | 大阪車両型        |
| 機関車（兵庫） | 8t, 12tサーボロコ              | サーボモータ式                           | 1300型, 2300型 |
| 機関車（岡山） | 8t, 15tサーボロコ              | サーボモータ式                           | 1300型, 2700型 |
| 換気設備    | 90kWターボブロア                | 160m <sup>3</sup> / 19.6kpa, φ450 | TB-90        |

キーワード：山岳トンネル、凝灰岩、長距離、小断面、矢板工法、バーンカット

連絡先：鹿島建設(株) 関西支店土木部 〒540-0001 大阪市中央区城見 2-2-22 TEL06-6946-7076

3. 施工実績

3.1 平行空孔芯抜工法（バーンカット）による芯抜き

抱き芯抜工法（Vカット）では、切羽に向かって角度を付けて穿孔するため大きな断面のトンネルには適用できるが、小断面のトンネルでは穿孔機械がトンネルの壁面に当たり所定の角度で穿孔することが難しく、芯抜きができなくなる問題がある。また、抱き芯抜工法（Vカット）では起砕ズリをトンネル坑内に飛散させる傾向が強く支保工へダメージを与えてしまう。そこで、起砕ズリの飛散が小さく既設支保工へのダメージが少ない平行空孔芯抜工法（バーンカット）を採用した。図-2に芯抜き発破パターン、表-2に単位当たり火薬、雷管使用量、表-3に支保工パターン一覧を示す。

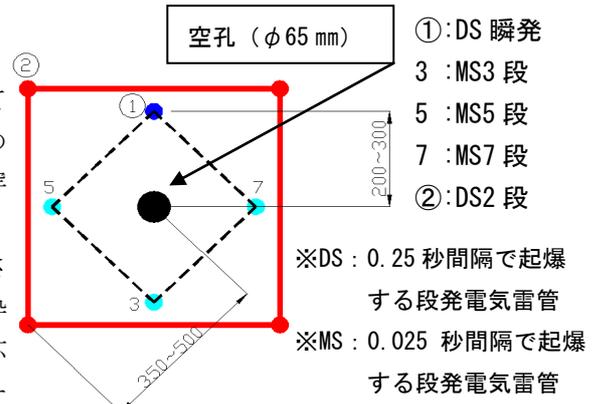


図-2 芯抜き発破パターン

3.2 施工方法の改善点

① 余掘低減スパーサ使用による余掘量の低減

スムーズブラッシング(SB)工法による余掘低減スパーサφ20mmを使用した体積デカップリング方式SB工法を行い、余掘量の低減を行なった。

② 松丸太による鋼製支保工の発破補強

発破による既設鋼製支保工の損傷防止のため、松丸太により支保工間のタイロッドを補強した。写真-1にタイロッド補強状況を示す。

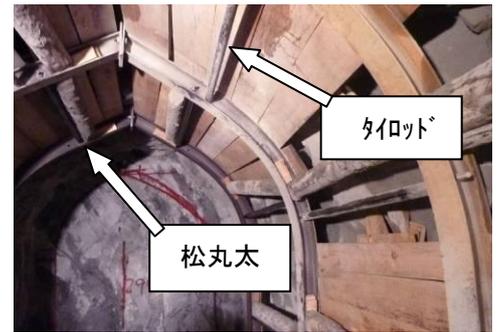


写真-1 タイロッド補強状況

③ 芯抜空孔径の縮小及びジャンボを使った資材運搬によるサイクルタイムの短縮

芯抜空孔径は一般的にはφ100mm程度であるが、φ64mmとし、削孔時間を短縮した。また、ジャンボのブームを利用して鋼製支保工、矢板、タイロッド等を切羽へ運搬した。

④ 電気雷管段数の増加による発破振動の低減

総削孔数40孔前後を通常10段で配置するところを15段とし、1段当たり薬量を低減した。

表-2 単位当たり火薬、雷管使用量

| 支保工パターン | 火薬使用量: kg/m <sup>3</sup> |        |        |      | 雷管使用量: 個/m <sup>2</sup> |        |        |      |
|---------|--------------------------|--------|--------|------|-------------------------|--------|--------|------|
|         | 計画                       | 兵庫相生工区 | 兵庫赤穂工区 | 岡山工区 | 計画                      | 兵庫相生工区 | 兵庫赤穂工区 | 岡山工区 |
| C I     | 3.6                      | 3.9    | 2.8    | 3.0  | 8.2                     | 8.2    | 7.8    | 7.7  |
| C II    | 3.1                      | 2.4    | 1.5    | 1.8  | 7.7                     | 6.6    | 6.2    | 5.8  |
| D 拡幅    | 2.2                      | 1.8    | 0.9    | 1.1  | 5.8                     | 8.3    | 3.5    | 2.8  |
| 全体      | 2.9                      | 3.5    | 2.5    | 2.8  | 7.2                     | 7.5    | 7.0    | 6.9  |

4. おわりに

小断面の山岳トンネル掘削を矢板工法にて掘削するにあたり、平行空孔芯抜工法（バーンカット）及びスムーズブラッシング（SB）工法、鋼製支保工の発破補強を組み合わせる事により、発破の飛石による既設支保工へのダメージの低減及び余掘量を低減した。（掘削支払線よりズリ量で、兵庫県側トンネル：5%低減、岡山県側トンネル10%低減）

また、芯抜空孔径の縮小、ジャンボブームを利用した資材運搬、坑内に離合場所（1000m以内に1箇所）を設ける事によりサイクルタイムを短縮（計画平均月進150mに対し、兵庫県側：最大月進200m、岡山県側：最大月進210m）して、工期を遵守する事ができた。今後の同種工事の参考になれば幸いである。

表-3 支保パターン一覧

| 支保パターン  |                | C I   |        |       | C II  |        |       | D     |        |        |
|---------|----------------|-------|--------|-------|-------|--------|-------|-------|--------|--------|
|         |                | 標準部   | 拡幅部    | 待避所   | 標準部   | 拡幅部    | 待避所   | 標準部   | 拡幅部    | 坑口部    |
| 1進行長    | m              | 1.30  | 1.30   | 1.00  | 1.10  | 0.70   | 0.75  | 0.90  | 0.70   | 0.90   |
| 1進行掘削量  | m <sup>3</sup> | 9.244 | 17.302 | 8.198 | 7.822 | 9.316  | 6.149 | 6.13  | 9.052  | 11.639 |
| 断面積(設計) | m <sup>2</sup> | 5.486 | 11.174 | 7.633 | 5.486 | 11.174 | 7.633 | 5.486 | 11.174 | 11.174 |
| 断面積(支払) | m <sup>2</sup> | 7.111 | 13.309 | 8.198 | 7.111 | 13.309 | 8.198 | 6.811 | 12.932 | 12.932 |
| 支保工     |                | H-100 | H-150  | H-100 | H-100 | H-150  | H-100 | H-100 | H-150  | H-150  |
| 矢板設置率   | %              | 70    | 70     | 70    | 70    | 70     | 70    | 90    | 90     | 90     |