

水封式岩盤貯槽の掘削実績－倉敷国家石油ガス備蓄基地－

清水建設株式会社 正会員 ○池田建太郎・小島英郷・征矢雅宏・大西勝
独立行政法人 石油天然ガス・金属鉱物資源機構 非会員 金戸辰彦

1. はじめに

倉敷国家石油ガス備蓄基地は、40 万 t の LPG（プロパン）を常温高压で貯蔵する地下備蓄基地であり、貯槽周辺の地下水压を貯蔵圧力より高く保持し、貯槽に向かう地下水流により LPG を封じ込める水封式地下岩盤貯槽方式を採用している¹⁾。貯槽は、EL-160～-184m の深度に建設され、建設時から地下水の不飽和領域の発生を極力防止するために、貯槽掘削前にその上部に水封トンネルを掘削し、水封ボーリング孔から人工的に水封水を供給した上で貯槽掘削を開始した。全 4 基の貯槽の掘削断面積は 374m²、総体積は約 85 万 m³である。本稿では、図-1 に示す No.3,4 貯槽の掘削実績について報告する。

2. 高水压下の貯槽掘削

貯槽は、平均透水係数 $3 \times 10^{-6} \text{cm/s}$ 程度の新鮮花崗岩内 EL-160m 以深に位置するが（図-2）、周辺岩盤に所定の水圧場を保持すると共に岩盤貯槽の湧水量を抑制するために、貯槽空洞周辺の比較的透水性の高い箇所をグラウト改良しながら、NATM による多段掘削を実施した。掘削過程においては、内空変位・天端沈下計測、ロックボルト軸力計測、吹付けコンクリート応力計測等のいわゆる A・B 計測だけでなく、湧水量や周辺岩盤の間隙水压も管理し、空洞の安定性及び水封機能の確保に努める必要があった。

3. グラウト(湧水抑制対策)と掘削サイクル

図-3 に岩盤貯槽の加背割りとプレグラウト改良範囲を示す。ここでプレグラウトとは、掘削範囲の周辺岩盤に対して掘削前に実施するグラウトを指す。アーチ部では、切羽前方にプレグラウトを施した後に、基本的に 15m 区間を掘削するというサイクルを繰り返した。ベンチ部ではプレグラウトを実施した後にベンチカットを行った。

図-4 に示す F4 断層以南では、一部に比較的透水性が高い地質構造があり、この地質を含んだ領域においてはグラウト孔配置を密にするために、掘削長を 10m

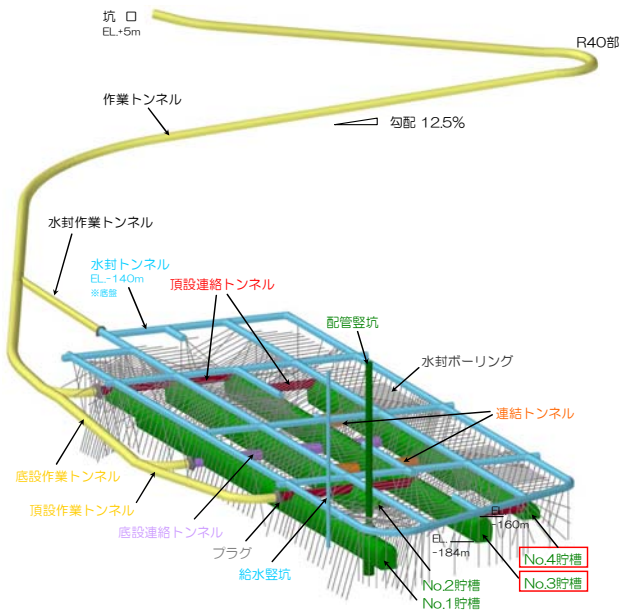


図-1 貯槽空洞と周辺トンネル鳥瞰図

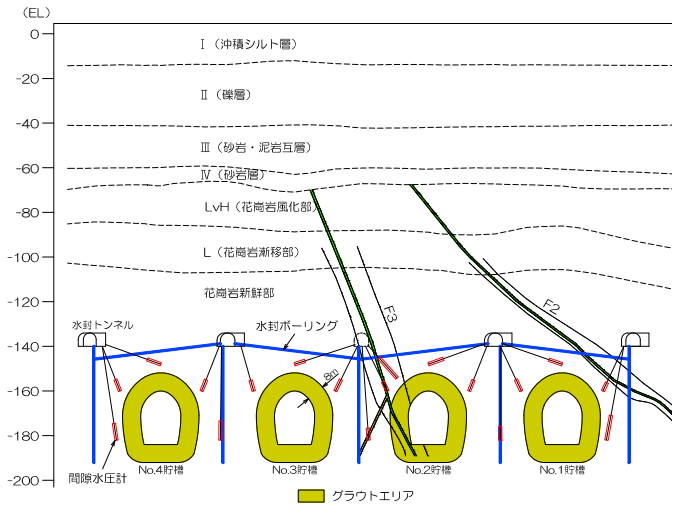


図-2 岩盤貯槽横断面図

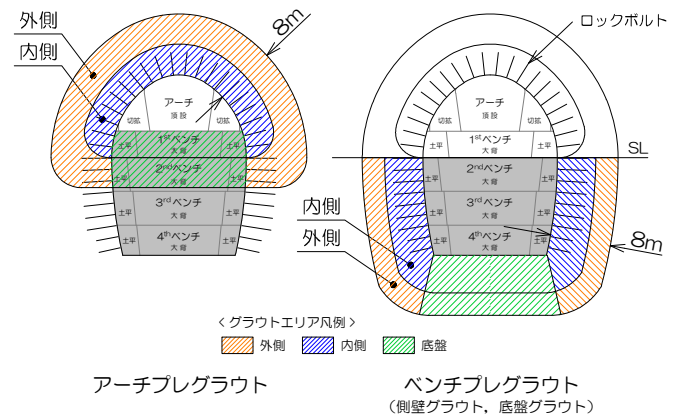


図-3 貯槽の加背割りとプレグラウト改良範囲

または 12m と標準よりも短くした。
また、この領域では透水性の高い地質構造に対して効果的にグラウト孔を配置するために、カバーロックとして掘削加背の一部を一時的に残置した。これにより、注入圧 4.2MPa という高压グラウトを維持すると共に掘削と切羽後方でのグラウトの同時施工を可能にした。

図-5 には、この後のアーチ部の掘削状況を示す。アーチ掘削を継続すると共にベンチプレグラウト終了区間ではベンチ掘削を開始しているが、No.4 貯槽ではアーチプレグラウトと第 1 段ベンチ掘削を並行作業とするために、左土平を拡幅して残置し、変則加背による掘削も実施した (図-6)。

図-7 にベンチ掘削の順序を示す。基本的に第 1 段ベンチ盤において、それより下方の側壁周辺に対するプレグラウトを実施後、第 3 段ベンチまで掘削し、その後底盤向けのプレグラウトを施して第 4 段ベンチを掘削した。底設連絡トンネルと貯槽との貫通を優先して②～④の順に掘削している。

4. 止水性を有するロックボルト施工

ロックボルト孔からの湧水に起因する周辺岩盤の間隙水圧低下を抑制するために、止水性を有する施工が課題であった。そこでボルト孔の削孔後に、滴水以上の湧水が認められた場合には、定着材を全面接着で後注入できるパッカー付き後注入式ロックボルトを打設した。図-8 にこのロックボルトの概要を示す。注入圧は、湧水圧+2MPa とした。定着材は、重量比 9:1:10 の早強セメント、特殊混和材および細砂から成るドライモルタルに、水をセメント重量の 40% 添加して作成した。なお、湧水量が多い場合には、ボルト孔に対してグラウト改良を行い、注入材固化後にボルト孔を再削孔してロックボルトを打設した。

5. おわりに

透水性の高い地質構造を含む領域のアーチ部では、1 区間の掘削に 2 ヶ月程を要したこともあったが、各施工段階において、できるだけ掘削を継続できるよう、掘削加背とグラウト施工法を工夫することにより、水封機能を確保した岩盤貯槽として工期内に無事完成させることが出来た。

参考文献

1)前島俊雄：我が国初の LPG 地下岩盤貯槽の建設，土木技術，Vol.67，No.11，pp.103-108，2012

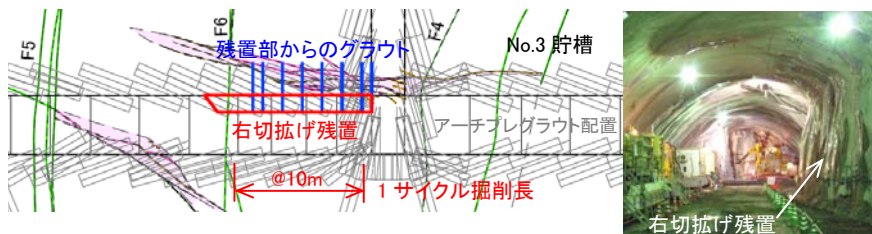


図-4 アーチ部プレグラウト配置と切詰め残置状況



図-5 No.4 貯槽 アーチおよびベンチ掘削時の作業経路と作業状況

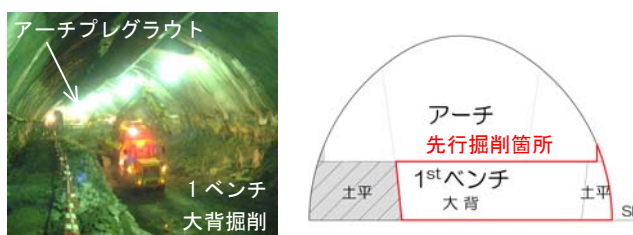


図-6 アーチおよび第 1 段ベンチ掘削時の変則加背

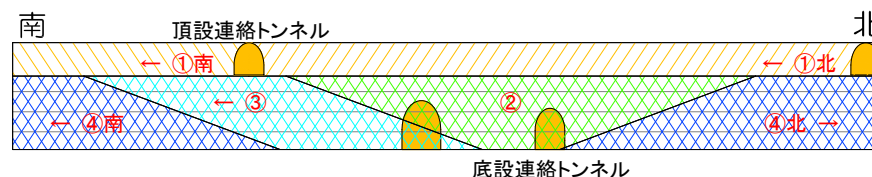


図-7 掘削ブロック順序概要 (No.3 貯槽縦断面図)

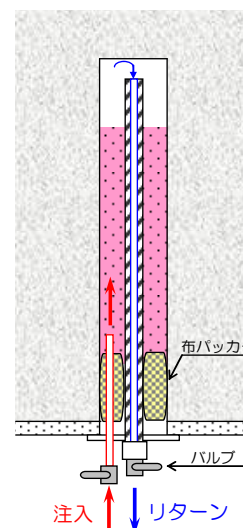


図-8 湧水対策ボルト概要