

水封式 LPG 岩盤貯槽のアーチ部止水対策工実績 —倉敷国家石油ガス備蓄基地—

清水建設株式会社 正会員 ○竹内伸光・小林伸司・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では、LPG（プロパン）の内圧より高い地下水圧となる岩盤内に常温高圧で40万tのLPGを貯蔵する水封式岩盤貯槽を建設している（図-1）。

水封式岩盤貯槽空洞の掘削に際しては、施工途上からの安定した地下水圧の確保と湧水量の抑制が求められるため、過大湧水箇所に対する止水対策工（プレ/ポストグラウト）が重要なファクターとなる。貯槽周辺地山の設計透水係数は0.35Lu（ルジオン）であった。本稿ではNo.3およびNo.4貯槽のアーチ部におけるグラウト実績と施工に見直してきた注入仕様について報告する。なお、プレグラウトとは切羽前方の未掘削部に対するグラウト、ポストグラウトとは掘削後の湧水箇所に対して実施するグラウトを指す。

2. グラウトと掘削の施工手順

図-2 に貯槽に対するグラウトと掘削の施工手順を示す。止水対策はプレグラウトを主とし、基本的に、掘削対象領域の周辺地山に対して掘削前にプレグラウトを施し、改良目標値を達成した後に掘削に移行するというプレグラウトと掘削の交互施工を繰り返した。その際に、掘削後には湧水量を測定し、その湧水量が予め設定した基準値を超えた場合、壁面から背面地山に対してポストグラウトを実施した。プレグラウトを止水対策の主としたのは、対象地山に対して相対的に高い注入圧力を加えられるためである。

図-3 にアーチ部のプレグラウト孔配置を、表-1 にグラウトの完了基準を示す。表-1 は1・2次孔を必須（規定孔）とし、比湧水量またはルジオン値が同表に示した値を超えた場合に、同表に示した完了基準を満たすまで段階的にグラウト孔を追加することを示したもので、最大値規定となっている。同表中の一般部とそれ以外は、断層や割目の集中帯など顕著な水みちが想定される地山であるか否かを表す。また外リング・内リングは、図-4 に示すように、グラウト改良域の外側4mおよび内側4mを表したものである。

3. プレグラウトの仕様

表-2 にプレグラウトの注入仕様を示す。注入材料には超微粒子セメントを使用し、その練混ぜには高速せん断ミキサーを用いた。注入においては複合動的注入

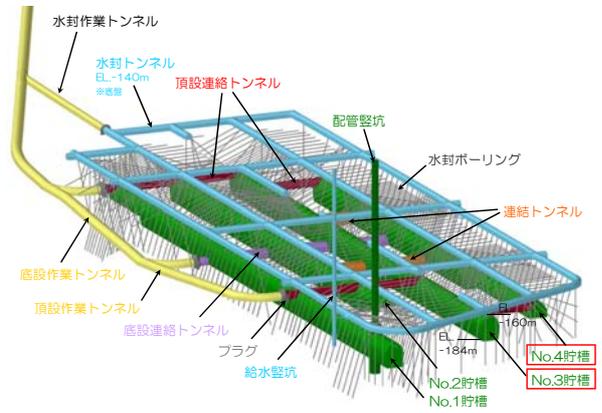


図-1 貯槽空洞と周辺トンネル鳥瞰図

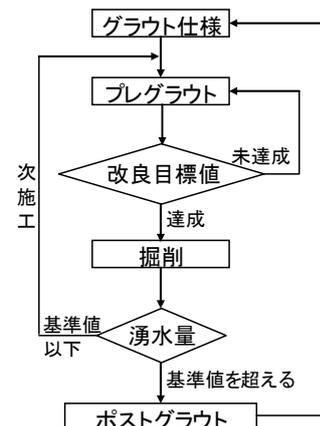


図-2 グラウトと掘削の施工手順

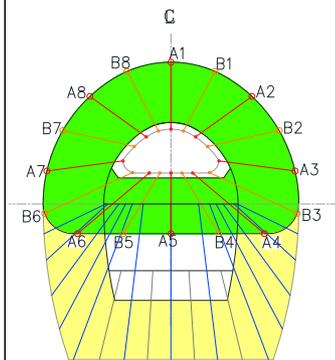


図-3 プレグラウト孔配置（アーチ部）

表-1 グラウト完了基準（最大値） [L/分/m,Lu]

		A・B(1,2次)孔	最終次数孔
一般部	外リング	0.25	0.65
	内リング	0.25	0.35(0.3)
一般部以外	外リング	0.25	0.65
	内リング	0.25	0.35

注)カッコ内の値は、内リンググラウト孔が0.30~0.35(L/分/m,Lu)の時に3m毎に湧水量を測定し、その値が1.5L/分を超えた場合に実施した追加グラウトに対する基準値

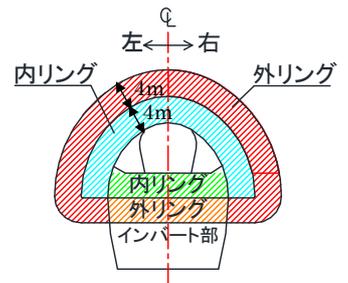


図-4 内・外リング概念図

キーワード:LPG, プロパン, 水封式, 岩盤貯槽, グラウト

連絡先:〒104-8370 東京都中央区京橋2丁目16-1 清水建設株式会社 土木技術本部 TEL:(03)3561-3919

方式¹⁾を採用し、平均4.2MPaの注入圧を加えた。透水性を測定する試験は2区間(1st, 2st)において実施し、注入は全区間一括とした(図-5)。

4. 注入実績

グラウトの実施に当たっては、掘削やボーリングで得た地質性状、プレグラウトの改良値等を基に改良効果が高まるよう孔配置を工夫した。図-6にその例を示す。

①先行ベンチグラウト：断層や改良効率の低いmf(マイクロフラクチャー、微細な割れ目で構成)等の影響でプレグラウト時に改良目標に達しなかった領域に対し、ベンチに先行してアーチよりグラウトを実施した。

②土平残しグラウト：傾斜の大きな高透水層に直行する方向にグラウトを追加するため、アーチやベンチ掘削時の土平が残った状態でこれをカバーロックとし、グラウト孔の削孔、注入を実施した。

表-2 プレグラウト注入仕様

項目	仕様
方式	複合動的注入方式
振動数	長波：0.06Hz, 短波：6Hz
注入圧力	4.2MPa±15%
最大注入速度	10L/分
注入終了基準	流量1L/分以下に低下後、30分ダメ押し
材料の練混ぜ	高速せん断ミキサー
超微粒子セメント	最大粒径 10μm
高性能減水剤	0.6%添加
配合	W/C=600%(1Lu未満) ^{※)}

※) 1Lu 以上の場合 400%

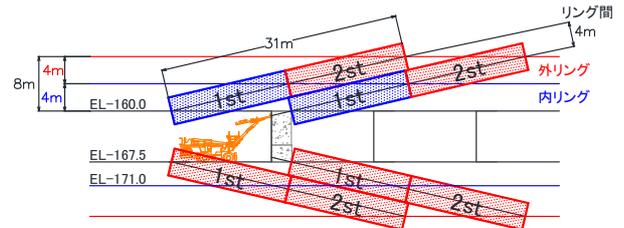


図-5 アーチ部プレグラウト孔縦断図

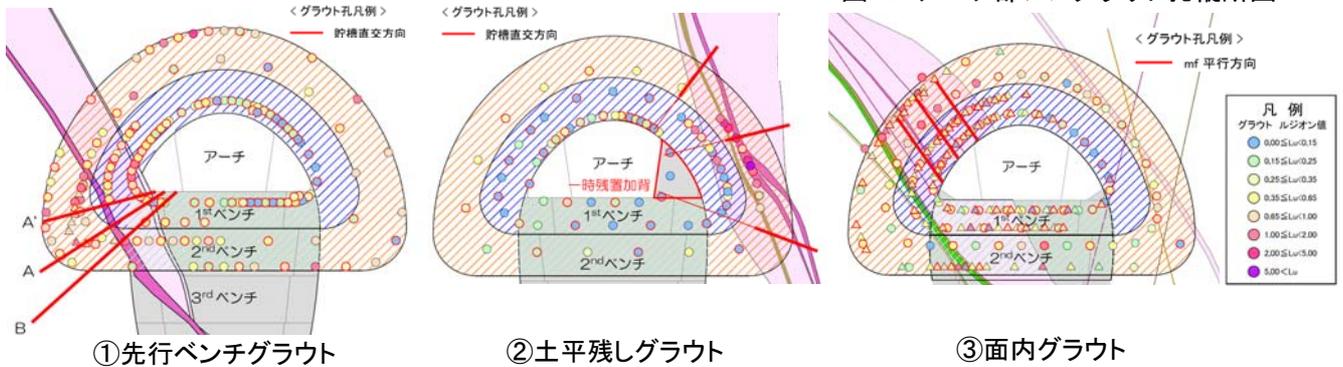


図-6 地質性状に応じたグラウト孔配置

③面内グラウト：改良効率の低いmf等に対し、mfとグラウト孔の接触面積を高め、より直接的に改良するよう、mfに対し平行にグラウト孔を配置した。

図-7にプレグラウト(アーチ部)を対象に、一般部およびそれ以外のルジオン値超過確率図を示す。2st規定孔ルジオン値が示すように、全体的に初期透水性は低透水～高透水に亘っており、一般部よりもそれ以外の領域のほうが高い。これに対し、地質に応じた注入基準と孔配置を工夫することで改良目標(1st：一般部0.15、それ以外は主として0.2)を達成することができた。

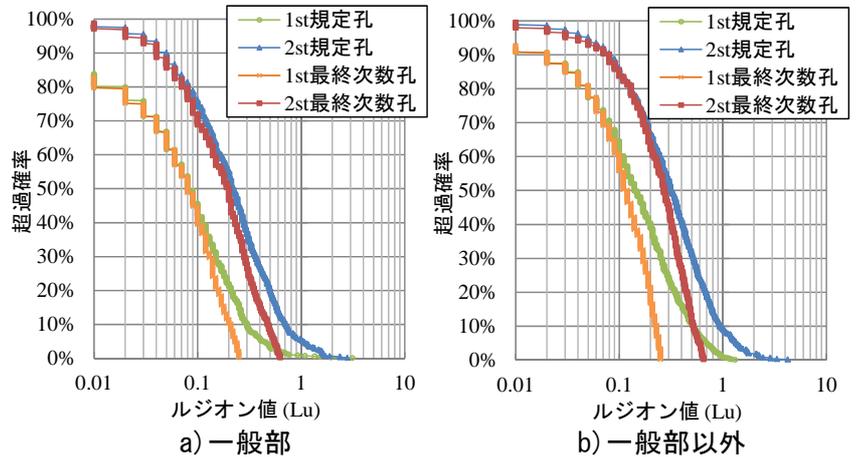


図-7 ルジオン値超過確率

5. おわりに

地質性状に応じて孔配置を工夫すると共に、内リング・外リングに対するグラウト完了基準を設定してプレグラウトを実施することで、貯槽の湧水量を概ね管理基準値以内(アーチ掘削1m当り1L/分程度)に抑制することができた。

参考文献

1)横澤圭一郎・近藤亮：トンネル補助工法に適用する複合動的注入の研究，建設の施工企画，日本建設機械施工協会，2009.06，pp.75-77