

LPG 岩盤貯槽掘削時のグラウト計画と止水対策結果の評価

- 波方プロパン貯槽工事 -

大成建設（株）	正会員	○安達 哲也
大成建設（株）	正会員	下茂 道人
(独) 石油天然ガス・金属鉱物資源機構	正会員	前島 俊雄
(独) 石油天然ガス・金属鉱物資源機構		山本 浩志

1. はじめに

LP ガス国家備蓄波方基地プロパン貯槽工事は、花崗岩盤中に高さ 30m、幅 26m の空洞（貯槽）を掘削し、岩盤から貯槽内に向かう地下水の流れによって常温高压(0.97MPa)で液体状態の LPG を貯槽内に封じ込める水封式地下岩盤貯蔵方式による備蓄基地である^{1),2)}。LPG 貯槽掘削に先立って施工した水封ボーリングの水押し試験の結果より、設計段階で想定した透水性である平均 0.1Lu より高い透水性の箇所が不均質に点在することがわかった。この高透水部の存在により、排水ポンプの能力以上の湧水が貯槽内に発生することが予測された。そこで、この湧水を抑制するためにグラウチングが必要となった。

本報では、貯槽アーチ掘削のためのグラウト計画とその結果について述べる。

2. グラウト計画

LPG 貯槽においてグラウチングを計画するに当たり、下記の要求条件を満足しなければならない。

- ①LPG の貯蔵圧以上の、高压でのグラウチングを行う必要がある。
- ②深度 EL-150m 以深を対象としているため、ボーリング長がくなり非効率となるため、貯槽切羽からの対策を行わなければならない。
- ③改良目標値は貯槽から 10m の範囲を 1Lu 以下にする³⁾。
- ④対象岩盤は新鮮岩盤である。
- ⑤長期耐久性、化学的安定性（LPG による劣化）があること。

以上の条件を考慮し、グラウチングは、注入圧 2.5MPa でのパッカー方式による貯槽切羽から前方に対するプレグラウトを採用した。

また、グラウト材料は、長期耐久性、化学的安定性（LPG との反応）及び施工性を考慮し、早強セメントを主体とし、塩水が混入する区間には、高炉セメントを用いた。

グラウトの基本パターンを図-1 に示す。切羽からのグラウチングとなるため、掘削を考慮した配孔としなければならない。施工効率、施工精度を考慮して、切羽から約 21m を 1 回の施工延長とし、切羽前方に放射状に配孔することとした。また、水封トンネルでのグラウチングの実績より、ボーリング孔間を約 12m とし、幅 10m の範囲を対象とするため、図に示す A, B, C の 3 リングで施工することとした。しかしながら、貯槽全体に渡り 3 リングの施工を行うことは、掘削工程への影響が多大となるために、水封ボーリングの水押し試験の結果を基に、高透水区間 ($1.0 \leq Lu$)、中透水区間 ($0.5 \leq Lu < 1.0$)、低透水区間 ($Lu < 0.5$) の 3 つの領域に区分し、改良目標値を定め、それぞれに応じた規定孔のパターンを設定した。図-2 に施工フローを示す。

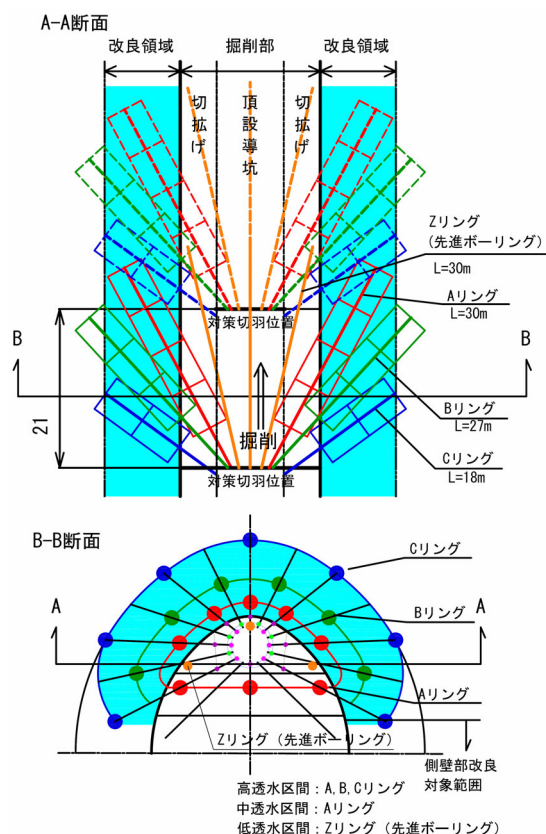


図-1 アーチ部グラウトパターン

キーワード グ라우チング、止水対策、LPG 岩盤貯槽、水封式地下備蓄方式

連絡先 〒799-2104 今治市波方町宮崎甲 142 波方基地プロパン貯槽工事作業所 TEL 0898-36-4101

高透水区間 ($1.0 \leq Lu$) : 3 リング 21 本のボーリング (A, B, C リング) を削孔し, 中央内挿法によりボーリング孔間を改良し, 3 リングでグラウト改良帯を構築. A リング→C リング→B リングの順で施工を行った.

中透水区間 ($0.5 \leq Lu < 1.0$) : 1 リング 8 本のボーリング (A リング) を削孔し, 中央内挿法によりボーリング孔間を改良し, 1 リングでグラウト改良帯を構築.

低透水区間 ($Lu < 0.5$) : 切羽前方の掘削断面内に 3 本の先進ボーリングを削孔し, 水押し試験のみ実施.

3. 止水対策結果

表-1 及び表-2 より, 透水区分に応じた Lu , 湧水量が計測されており, 設定した透水区分は妥当であり, 効率化を図ることができた. また, 完了孔の値を比較すると, 透水区分によらずほぼ同じ値(表-1 より最大 $1.0Lu$ 程度, 平均 $0.1Lu$ 程度, 表-2 より最大 $0.15m^3/hr$ 程度, 平均 $0.03m^3/hr$ 程度)

であることから, 均一な仕上がりにすることができた.

また, 表-2 より 1 本のボーリング孔から最大 $30(m^3/hr)$ の湧水が確認されていることから, グラウチングを実施しなければ, 相当量の湧水が発生したと想定される.

図-3 に高透水区間における 1 次孔と完了孔の超過確率を示す. 1 次孔では, $1Lu$ 以上の箇所が 10%程度存在していたが, 完了時点では, 全てが $1Lu$ を下回っている.

$1Lu$ 以上の高透水箇所にグラウトを実施することで貯槽湧水量がアーチ掘削完了時に $14(m^3/hr)$ 程度に抑制されると想定した³⁾. これに対し, アーチ掘削完了時における実湧水量は $10(m^3/hr)$ であり, 非常に効果的なグラウチングを実施して, アーチ掘削を完了した.

4. まとめ

本報では, 地下空洞の止水対策として, 掘削切羽からプレグラウトを実施する手法を提案すると共に, 規則的に配置された水封ボーリングの情報に基づいて, グラウチングの実施区分及び実施方法を立案し, 施工を行った. その結果, 所定の範囲内の湧水量に抑制し, アーチ部の掘削を完了した. これらの手法により, 施工の効率化を図る事ができた. アーチ部の対策及び掘削の情報を基に, 解析モデルの精度向上, 透水区分の見直し, さらに, 地質性状を考慮して, より効率的なグラウト方法を検討し, 貯槽側壁及び底盤部の対策を行っている.

参考文献

1)加藤元彦, 前島俊雄, 中島秀一: “地下 150m に LPG 岩盤貯槽を建設”, 資源土木, 2007 年 3 月号, pp48-53, 2007. 2)加藤元彦, 前島俊雄, 平井秀友幸: “LPG 岩盤貯槽掘削における情報化施工”, 基礎工, 2007 年 9 月号, pp75-78. 3)下茂道人, 安達哲也, 前島俊雄, 山本浩志: “LPG 岩盤貯槽掘削時の湧水量予測手法とグラウト仕様の検討ー波方基地プロパン貯槽工事ー”, 第 63 回土木学会年次講演会, 2008 年 9 月 (投稿中)

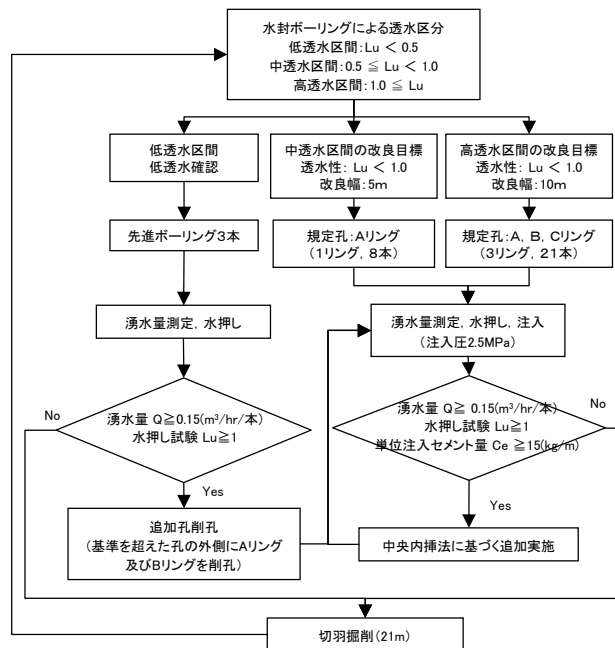


図-2 グラウチング施工フロー

表-1 ルジオン値の最大と平均

	1次孔のルジオン値(Lu)		完了孔のルジオン値(Lu)	
	最大	平均	最大	平均
高透水区間	40.18	0.47	0.99	0.08
中透水区間	7.33	0.23	0.98	0.07
低透水区間	1.72	0.06	0.87	0.03

表-2 孔口湧水量の最大と平均

	1次孔の孔口湧水量(m^3/hr)		完了孔の孔口湧水量(m^3/hr)	
	最大	平均	最大	平均
高透水区間	30.00	0.42	0.14	0.03
中透水区間	1.80	0.09	0.14	0.02
低透水区間	0.38	0.03	0.12	0.01

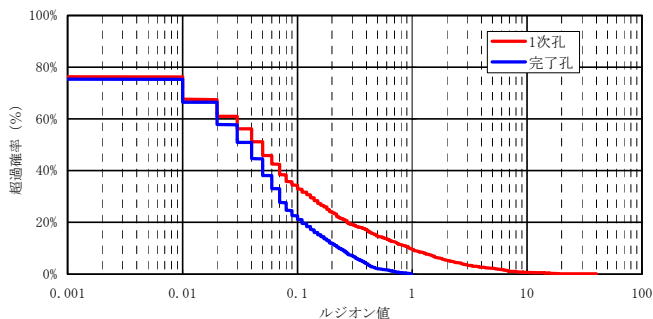


図-3 A リングルジオン値超過確率図