

若材齢強度特性に着目したプラグコンクリートのひび割れ抑制対策 -波方基地プロパン貯槽工事-

大成建設(株) 正会員○文村 賢一 正会員 堀田 渉
正会員 坂本 淳 正会員 臼井 達哉
(独)石油天然ガス・金属鉱物資源機構 正会員 前島 俊雄

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で液体の 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。配管堅坑プラグは配管堅坑を貯槽と隔離するもので、貯槽の気密性確保にとって非常に重要な構造物である。波方基地の配管堅坑プラグコンクリート（体積約 520m³）は、確実な充填を行うために高流動コンクリートを用いて 36 時間にわたる連続打設により施工した（2010 年 5 月）。コンクリート打設に際して、側面が岩盤により拘束された状態で自重により沈下した場合、プラグ下面にひび割れが発生することが懸念された。本報では、ひび割れ抑制を目的とした若材齢コンクリートの強度特性に着目したひび割れ抑制方法の検討、及びそれを反映した打設計画・打設結果について述べる。

2. 若材齢の強度特性に着目したひび割れ抑制の検討

配管堅坑は鉛直に掘削されているため、プラグコンクリートの打設時には自重に起因する下記現象が発生する可能性が考えられる。

- ① 岩盤とコンクリートの付着切れ
- ② 底盤部の曲げひび割れの発生

これらの現象が発生した場合、岩盤とコンクリートの隙間やコンクリート内部の亀裂により貯槽の気密性保持に悪影響を及ぼす可能性がある。そこで、コンクリート打設時において、図-1 に示すように、初期に打設したプラグ下部のコンクリートの若材齢時における強度発現に伴う梁剛性効果及び岩盤との付着力により、後続のプラグ打設時の自重を負担することでプラグコンクリートの沈下を抑制する方法を検討した。検討に当たり、使用する高流動コンクリート¹⁾の若材齢特性の室内試験を実施した（図-2）。また、その結果からコンクリートと岩盤の付着強度をコンクリート標準示方書[設計編]より算出した（図-3）。若材齢の強度発現を考慮した自重によるプラグ底面の沈下量は、コンクリート強度発現前においては支保工の変形係数をもとにしたフックの法則によって沈下量を算出し、コンクリート強度発現後においてはコンクリートの両端下部を固定とした単純梁と支保工のばねとの変位の適合条件をもとにして沈下量を算出した（時間とともにコンクリートのヤング係数が上昇するため、時間ステップごとの積算によって算出）（図-4）

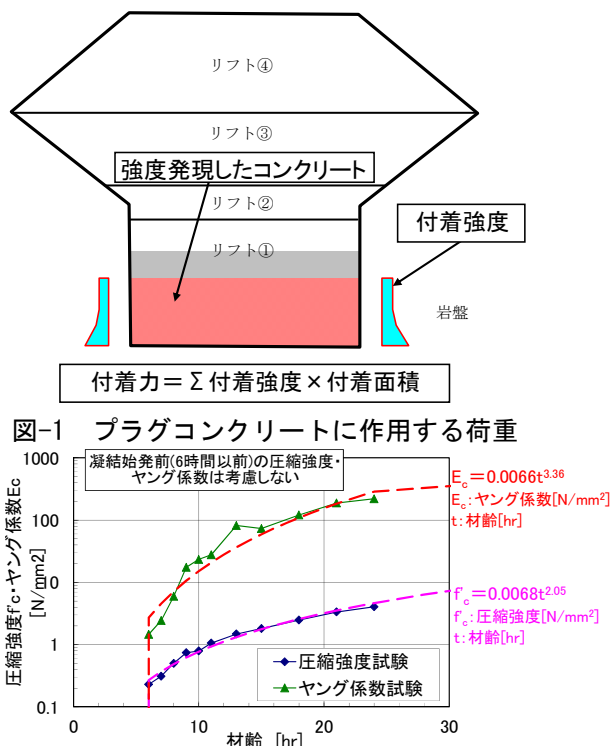


図-1 プラグコンクリートに作用する荷重

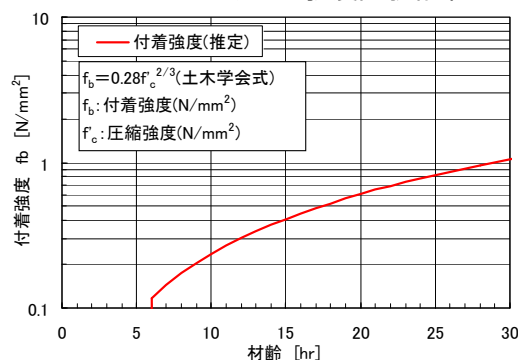


図-2 コンクリート強度試験結果

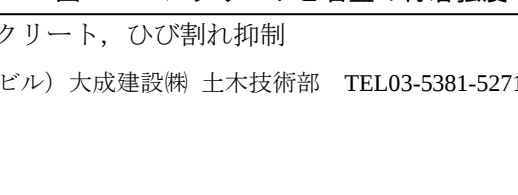


図-3 コンクリートと岩盤の付着強度

キーワード LPG 岩盤貯槽、プラグコンクリート、高流動コンクリート、ひび割れ抑制

連絡先 〒163-0606 東京都新宿区西新宿 1-25-1（新宿センタービル）大成建設(株) 土木技術部 TEL03-5381-5271

3. プラグコンクリート打設計画

配管堅坑プラグコンクリートの打設は、コンクリートと岩盤の付着力により沈下を抑制するため、4 リフトに分割し、それぞれの打設速度を設定した。リフト計画に基づき、コンクリート重量と周面付着力及び型枠支保工への载荷重に関する計算結果を図-4 に示す。この計画では、打設開始から9.2 時間経過時点において周面付着力がコンクリート重量を上回り、以降型枠支保工の载荷重の増加が非常に小さくなるように打設速度を設定した。配管堅坑プラグコンクリート打設時の型枠沈下量の予測を表-1、図-5 に示す。リフト③は、堅坑水圧の受圧面であり、プラグコンクリートの重要箇所となる。そのため、打設時の沈下量管理はリフト③の開始時点からの沈下量増分により行った。なお、実施工ではリフト①のとき定期的に現地採取試料による室内強度試験を行い、十分な強度発現を確認した後、リフト③以降を高速で打設することとした。管理限界値はコンクリート強度/1.75 (予測値+1.6mm)、管理目標値は限界値-1mm と設定し、管理目標値よりも大きな沈下が確認された場合には、型枠支保工の健全性を確認し、打設速度を 10m³/h で打設を再開するものとした。図-6 に計器配置を示す。プラグ中心部の他、沈下量の偏りを把握するために周辺部にも高感度変位計を配置した。

4. プラグコンクリート打設結果

打設時の型枠沈下量を図-7 に示す。沈下量はコンクリート中心部で最大となった。リフト①・②では予測値 12.02mm に対して 8.33mm であり、コンクリート強度発現以降のリフト③・④においては、当初予測通り岩盤とコンクリートの付着力及びコンクリートの硬化による梁剛性の効果によってたわみは激減し、予測値 0.58mm にほぼ等しい 0.65mm の沈下に収まった。最終的な総沈下量は 8.98mm であった。型枠脱型後の目視検査において、プラグ底部にひび割れ等は確認されなかった。

5. まとめ

本報では、コンクリートが周辺岩盤と拘束した状態で沈下することにより発生するひび割れ抑制方法として、岩盤との付着力及びコンクリート底部の強度発現を利用した打設方法を採用し、施工を行った。その結果、型枠の沈下量が減少し、ひび割れ抑制に大きく寄与した。また、温度ひび割れ抑制について実施したクーリングや、その後に実施したコンタクトグラウトによる岩盤とコンクリートの付着力強化によりさらなる気密性を確保した。

今回の施工の結果から、先行して施工された倉敷基地での結果²⁾と同様、岩盤とコンクリートの付着力及びコンクリートの梁剛性の効果は立証されたため、本工法は類似した施工にも適用可能であると考えられる。

参考文献

- 1) 坂本淳, 島屋進, 山本浩志, 前島俊雄: 低発熱・収縮低減型高流動コンクリートとパイプクーリング工法を適用した岩盤貯槽プラグの施工-波方国家石油ガス備蓄基地, コンクリート工学 Vol.47 No.10, p31-36, 2009 年 10 月
- 2) 柳井ら: 配管堅坑プラグコンクリートの施工実績, 土木学会第 68 回年次学術講演会講演概要集, 2013 年 9 月 (投稿中)

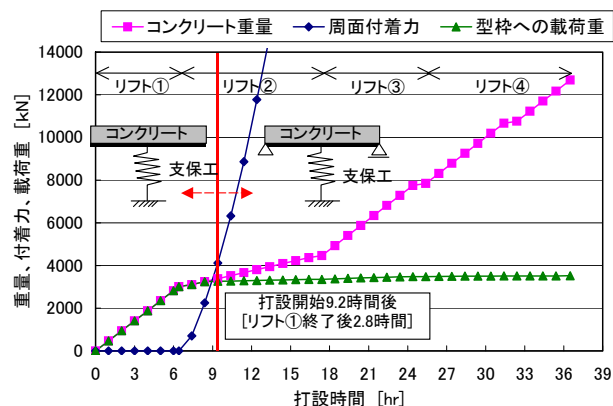


図-4 重量・付着力・载荷重経時変化

表-1 打設リフト

リフト番号	リフト高さ (m)	打設数量 (m ³)	打設速度 (m ³ /hr)	予測沈下量 (mm)	備考
①	3.2	129	20	10.60	プラグコンクリート重量を支える部分岩盤との付着、コンクリート強度の発現による沈下抑制を期待
②	1.0	53	6	1.42	型枠支保工のなじみをとるリフト①の強度発現を期待し、低速で打設
③	1.8	148	20	0.45	プラグ受圧面(最重要区間)リフト①・②で強度が期待できるため、高速で打設
④	2.5	210	20	0.13	リフト①・②で十分な強度が期待できるため、高速で打設

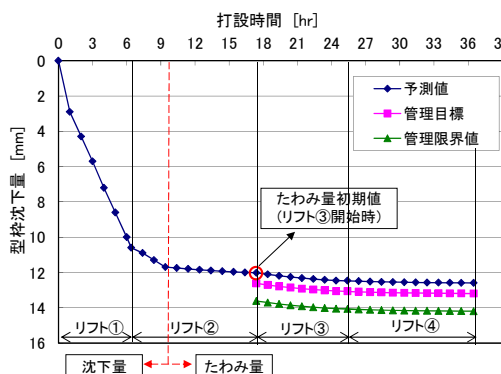


図-5 コンクリートの沈下量予測

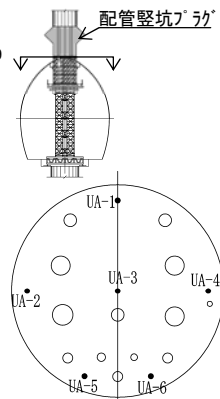


図-6 計器配置図

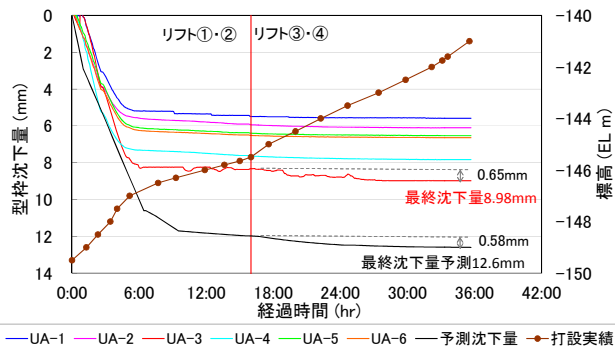


図-7 コンクリートの沈下量計測結果