エポキシ樹脂被覆金属管を用いたエアクーリング
― 倉敷国家石油ガス備蓄基地（配管竪坑工事その６）―

リテックエンジニアリング株式会社　正会員　○井上 智裕，新井 淳一
鹿島建設株式会社　正会員　秋田 伸，清水 大介，手塚 康成，柳井 修司
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

LPG 国家備蓄倉敷基地建設工事は，地下 160m～184m に液化プロパンガスを 40 万ｔ貯蔵する水封式岩盤貯槽を構築するものである．このうち，配管竪坑には LPG 受入管等の金属管が設置され，その下端部には金属管を固定しつつ貯槽の気密性・水密性を確保するプラグコンクリートが構築された．その構築において，プラグコンクリートのひび割れ制御対策[1)]の一環として金属管内へ冷気を送風するエアクーリングを計画･実施した．ここでは，その施工にあたって実施したエポキシ樹脂被覆金属管の熱交換効率（表面熱伝達率）を求めるための実験とこれを用いたエアクーリングの施工の概要について報告する．

写真-1　エポキシ樹脂被覆管

２．エアクーリングの概要とエポキシ樹脂被覆金属管の仕様

図-1 にエアクーリングの概念図を示す．プラグ構築時のマスコン対策の一環として金属管に冷気を送風するエアクーリングを計画した．金属管は，下端がキャップ処理されて設置されることから，送気用のホースを金属管深部へ挿入して，下方から上方へ冷気を送ることで水和に伴うコンクリートの温度上昇を抑制し，温度ひび割れを防止することとした．**写真-1** に竪坑に設置した金属管のサンプルを示す．金属管は，海水中における長期間の防食を目的に SUS316L が選定され，さらにエポキシ樹脂を厚さ 500μｍで被覆した構造となっている．

３．表面熱伝達率の算定

（１）実験概要

プラグコンクリートのひび割れを防止するためには，エアクーリングの効果を精度よく温度応力解析に反映する必要があり，コンクリートの発熱特性とともに送風量を変化させた場合の金属管の表面熱伝達率の定式化を目的と

表-1　試験分類および試験条件

供試体	試験分類	供試体寸法	金属管への送風量(m/分)
No.1	コンクリートの発熱特性	1×1×1m	―　（金属管なし）
No.2	金属管の表面熱伝達率	2×2×2m	Step1:0，　Step2:1.0，　Step3:0.7，　Step4:1.4，　Step5:2.1　（図-4参照）

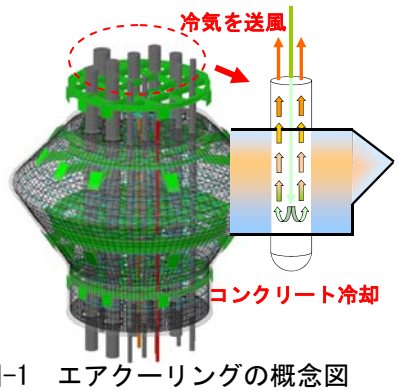

図-1　エアクーリングの概念図

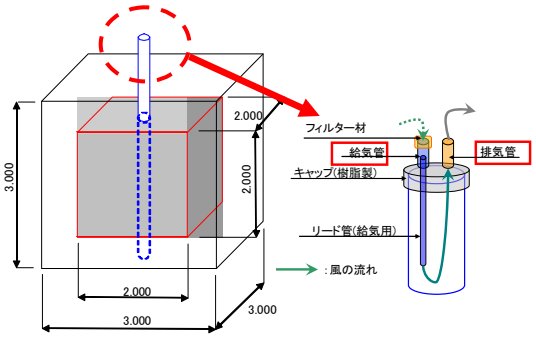

図-2　供試体 No.2 の概念図

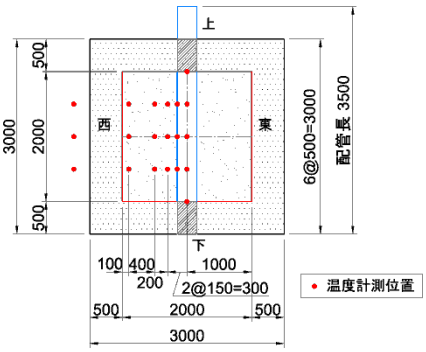

図-3　温度計測位置図

キーワード　竪坑プラグ，エポキシ樹脂被覆金属管，表面熱伝達率，エアクーリング，温度ひび割れ
連　絡　先　〒107-0052　東京都港区赤坂6-4-2 赤坂MS ビル リテックエンジニアリング（株）　TEL：03-6229-6851

した実験的検討を行った．実験では，表-1，図-2 および図-3 に示すような厚さ 500mm の発泡スチロール型枠を用いた２種類の供試体を作製し，No.1 供試体ではコンクリートの発熱特性（断熱温度上昇特性）を，No.2 供試体ではエポキシ樹脂被覆金属管の表面熱伝達率を得ることとした．No.2 供試体では，コンクリートの打込みから温度降下時にかけて，20℃の空気を段階的に風量変化させて金属管内に吹き込み，それぞれの風量における表面熱伝達率を温度計測点の温度変化から解析的に算定した．排気管口には微風速計を設置して給排気の温度と風量を計測した．

（２）実験結果

No.1 供試体で得られた温度計測結果をもとに同定した断熱温度上昇特性を表-2 に示す．別途実施した室内の断熱温度上昇試験で得られた特性とほぼ一致する結果が得られた．

エポキシ樹脂被覆金属管の表面熱伝達率は，図-4 に示す温度計測結果をもとに，逆解析によって同定した．同定した表面熱伝達率を図-5 に示す．簡易ではあるが，風量をパラメータにした一次式で金属管の表面熱伝達率を精度よく定式化できることを確認した．図-6 に同定した表面熱伝達率を反映させた解析値と実測値の比較例を示す．実験によって同定した表面熱伝達率を用いた解析により，実測値を精度よく再現できることが確認された．

４．実施工

施工計画に際しては，冷水を用いたパイプクーリング[1)]とともに図-5 に基づいたエアクーリングを反映させた温度応力解析を行って目標ひび割れ指数 1.75 を満足するクーリング計画を立てた．実施工においては，図-7 に示すシステムを導入し，金属管内部の防食を考慮して，除塩ならびに除湿処理を行った冷風を各金属管に送風し，プラグコンクリートの温度をコントロールした．

５．おわりに

エポキシ樹脂被覆金属管を利用したエアクーリングを配管竪坑プラグコンクリート適用した結果，他の対策と合わせて，ひび割れ防止を達成することができた．本手法が同種工事の参考になれば幸いである．

表-2　コンクリートの断熱温度上昇特性

	供試体No.1	室内試験
打込み温度(℃)	22.5	21.0
終局断熱温度上昇量　Q_∞(℃)	44.8	44.9
温度上昇速度に関する係数　α	0.441	0.437
温度上昇速度に関する係数　β	0.695	0.702

$Q(t)=Q_\infty(1-\exp(-\alpha t)^{\beta})$　　t:材齢

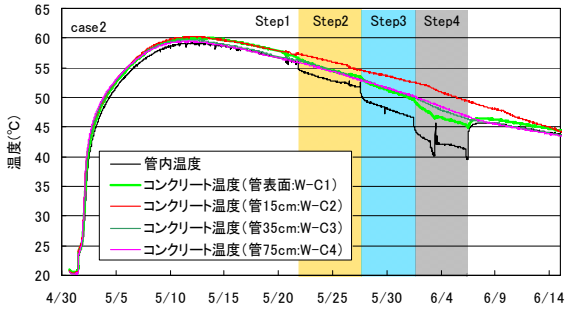

図-4　供試体 No.2 の温度計測結果の例

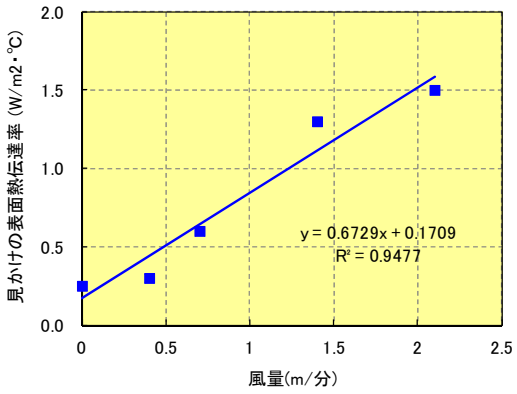

図-5　逆解析により同定した熱特性

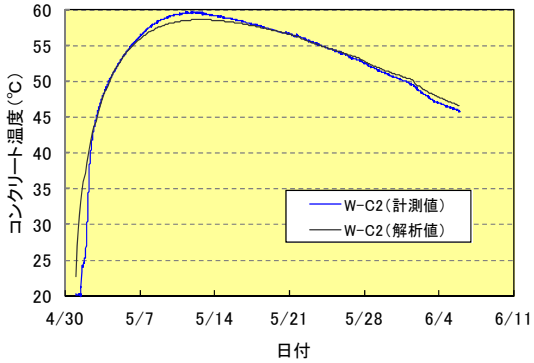

図-6　実測値と解析値の比較

参考文献　1)新井ら：配管竪坑プラグコンクリートの温度ひび割れ対策，土木学会第 68 回年次学術講演会講演概要集，2013.9

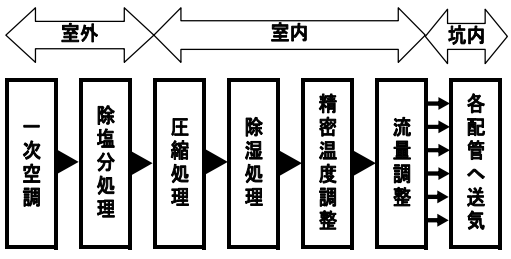

図-7　エアクーリングシステム