

コンクリート構造物の耐火性能に関する検討

大林組 土木技術本部 正会員 ○永井 秀樹
大林組 土木技術本部 F10-会員 鎌田 文男
日本ハイツ 情報・工学システム部 孫 蘇明

1. はじめに

近年、構造物の設計法は、最新の知見を反映した合理的な設計を行うことのできるよう、従来の仕様規定型の技術基準に基づく設計法から、構造物に要求される構造性能を解析的・実験的に挙動上から照査する性能照査型設計法へ移行が図られつつある。英国規格 BS 7777¹⁾などでは、コンクリート製の容器構造物に対して建設される周辺の条件に応じて発注者のオプションにより、外部や内部で火災が生じた時のコンクリート構造の耐火性能を検討・確認することが要求される場合がある。そこで、コンクリート構造物の耐火性能について想定される火災の影響を受けたときの構造物の挙動を解析し評価できる技術の開発を行った。ここでは、開発技術を用いて隣接火災の影響を受けたコンクリート製格納容器の耐火性能を検討した事例について、その概要を報告する。

2. 外部火災に対してコンクリート構造物に求められる性能

化石燃料の製造・出荷を行うプラント施設などでは、外部火災に対する防消火対策として固定式の水冷却設備を設置して、構造物の表面への散水や水膜の形成により接炎や輻射熱による温度上昇を抑制する延焼防止が図られる。但し、これらの設備は火災の発生から作動するまでに多少の時間を要し、コンクリート構造物は、少なくとも水冷却設備が作動するまでの間、構造安全性を保持する必要がある。構造物が低温液化ガスの貯蔵施設になると、その他にコンクリート製の格納容器が入熱を低減して保冷材の熱変質や貯蔵液化ガスの気化を抑制する効果の検討も要求される場合がある²⁾。なお、構造物が被る受熱量としては、風の影響によって火炎が構造物側に傾いた、より厳しい状態を想定することが求められる。

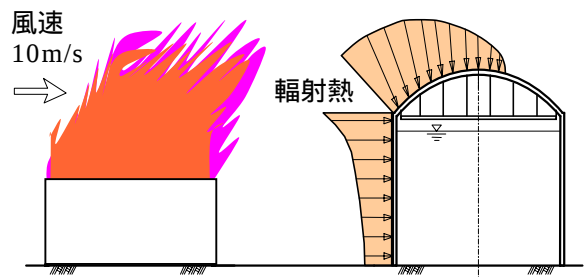


図-1 隣接火災の模式図

3. 検討事例と解析方法

検討事例として図-1のような液化ガス貯蔵用格納容器を採り上げ、外部火災としては無風状態で直円柱状の火炎を想定し、火炎高さは Thomas の相関式³⁾により推定した。風の影響は、運動量のバランスから導いた Welker & Sliepcevich の相関式⁴⁾により火炎の傾きを求めた。このように設定した火炎から検討対象構造物表面への輻射熱伝導の影響を汎用ソフト ABAQUS を用いた非定常熱解析により求めた。

応力解析には FEM 非線形解析用プログラム FINAL を使用し、コンクリート構造部材は鉄筋や PC 鋼材の配置位置・断面を考慮した積層シェル要素、基礎地盤はソリッド要素を用いてモデル化した。(図-2)なお、応力解析では、材料非線形性に加えて 材料特性の温度依存性 (図-3) も考慮した。

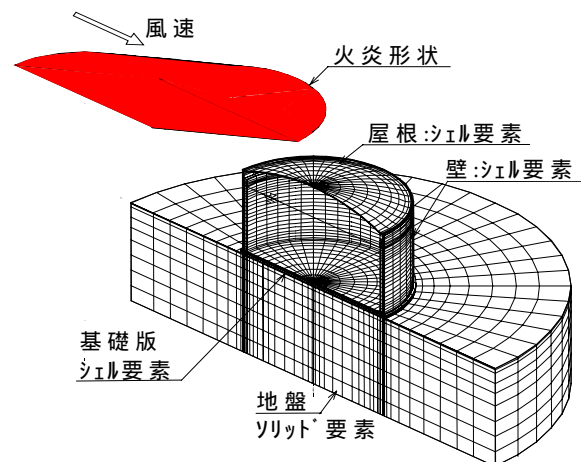


図-2 解析モデル

キーワード コンクリート構造物, 隣接火災, 耐火性能, 格納容器, 熱輻射, 非線形解析

連絡先 〒108-8502 東京都港区港南 2-15-2 品川インターシティB棟 (株)大林組 土木技術本部 設計第二部 TEL03-5769-1307

4. 解析結果 及び 考察

火災の継続時間が2時間と10時間におけるコンクリート製格納容器の温度と応力の分布を図-4に示す。また、火災に近く輻射熱伝導の最も大きな位置における屋根断面の温度の経時変化を図-5に示す。構造物から火災までの離れが比較的大きいため、風速10m/secの風を考慮した条件であっても、想定火災が2時間継続した時点では部材の耐力の低下が生じるような温度には至らず、発生応力も安全性を損なうまで大きくない。これに対して継続時間が10時間まで長くなると、火災に近い屋根に部材耐力の低下が生じる温度域まで温度

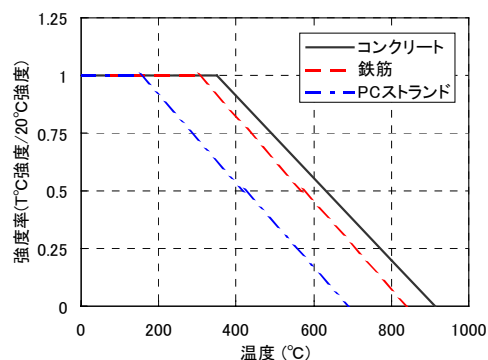


図-3 材料非線形条件

が上昇し、かつ部材の全断面が引張となる部分も存在するようになって、構造上の安全性と容器としての性能(tightness)の低下が顕在化するようになる。このような構造物の挙動を把握できれば、水冷却設備の作動の緊急性なども評価できることになる。また、図-5より部材の耐火時間を長くするための方策として補強鋼材のかぶりを大きく取ることの有効性を定量的に評価することも可能となる。

5. まとめ

開発技術を用いることにより、コンクリート構造物が外部火災の影響を受けたときの挙動を数値シミュレーションできるようになり、どの部位がクリティカルとなるか、補強鋼材の配置や部材厚の影響などを把握しながら耐火性能を検討することが可能となった。更に、プラント諸施設の配置計画や防消火対策の検討などにも活用できると考えられる。

参考文献

- 1) BS7777: Flat-bottomed, vertical, cylindrical storage tanks for low temperature service, part3, 1993
- 2) fib, Protective Systems Against Hazards, Technical Report, Bulletin 5, Oct. 1999
- 3) Thomas, P.H.: The Size of Flames from Natural Fires, Ninth International Symposium on Combustion, New York (1963)
- 4) Welker, J.R. & Sliepcevich, C.M.: Susceptibility of Potential Target Components to Defeat by Thermal Action, University of Oklahoma Research Institute Report No.OURI-1578-FR, Oklahoma (1970)

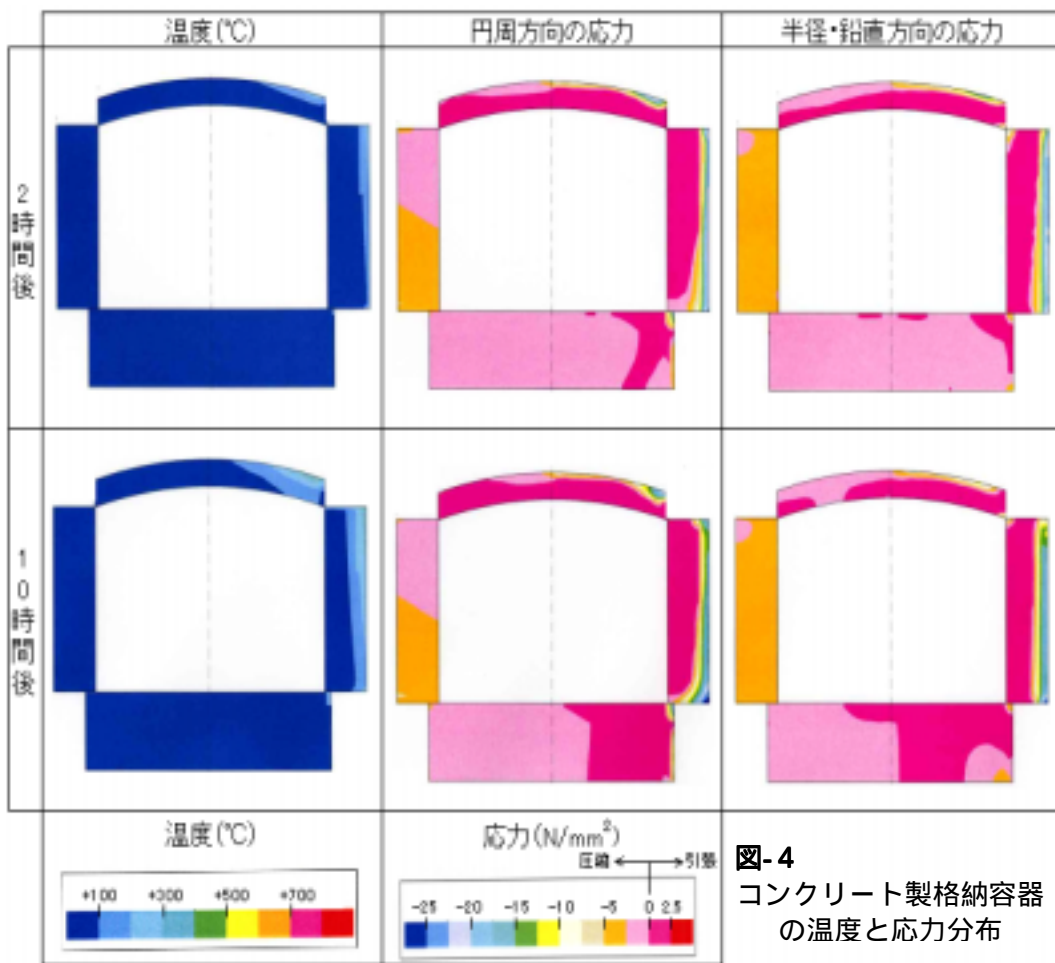


図-4
コンクリート製格納容器
の温度と応力分布

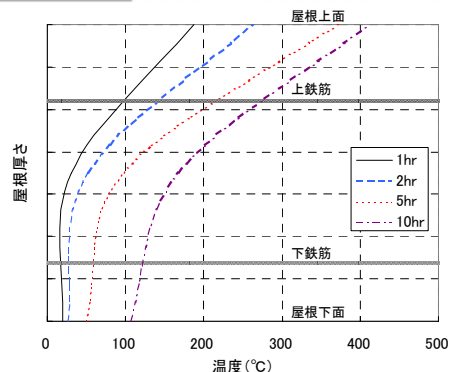


図-5 屋根断面の温度経時変化