

超臨界水反応装置に関する研究

日本大学 正 村 田 守
 日本大学 朝比奈 敏勝
 日本大学 星 野 和 義
 日本大学 湯 浅 昇

1. 緒言

超臨界水（Supercritical Water）とは、臨界圧力（22.1MPa）、臨界温度（374℃）を超えた状態の水であり、液体、気体の区別がつかない状態となっている。超臨界水は、気体の拡散性と液体の物質溶解性を併せ持っているため、反応溶媒としてさまざまな効果を持ち、環境汚染物質の分解抽出や難分解性物質の処理、リサイクル等多くの分野への応用が考えられ、実用化を視野に入れた研究が進められている¹⁾。

上述のように、超臨界水反応容器は高温、高圧に加え、溶解性の強い環境下で使用されるため、ハステロイ、インコネルといったNi基合金が使用されることが多い。しかし、実用的な大きさの容器を製作する場合には、これらの合金単体で製作することは得策とは言い難い。そこで、本研究ではハステロイの薄板を内面にライナー材と使用し、その外側を耐熱FRPで補強巻きするという容器構造の可能性について検討を行っている²⁾。

本報告は、前述の反応容器構造において、断熱のために使用するコンクリートの強度、および熱伝導特性について測定した結果についての報告である。

2. 超臨界水反応装置の構造

検討を行っている超臨界水反応装置の構造は、図1に示すような断面構成となっている。すなわち、最内面のライナー材に耐熱、耐食性のあるハステロイを使用し、その外周を断熱特性のあるコンクリートを介して温度を下げたのち、耐熱性の高いポリイミッド樹脂を使用したCFRPで補強した構造である。以下にこのコンクリート候補の特性試験結果について述べる。

3. コンクリートの特性

3.1 供試材および試験方法

使用したコンクリートは、普通ポルトランドセメントに米国NASAで開発された断熱目的の中空/真空セラミックの微小ビーズ（SLBG40）を混練したものである。このビーズの平均直径は40μmであり、比重は0.149である。コンクリートに対するビーズの配合割合は、容積比で、0、27.9、50.0、55.8%であった。なお、配合割合の大きなものについては混練が困難であったため、高性能AE減水剤を添加した。しかし、減水剤を添加した場合であっても、60%以上での混練は困難であった。このコンクリートについて圧縮強度試験および熱伝導率測定を行った。圧縮強度については、JIS A 1132 および JIS A 1108 にしたがって行った。熱伝導率測定は耐火物の熱伝導率の試験方法³⁾にしたがって以下のように行った。この方法では、図2に示すような装置を使用し、2個の測定用試料の間に熱電対が溶接された直線状の金属線（熱線）を挟み込んで一定量の電力を供給し、その際の熱線の上昇温度の時間的変化から次式により熱伝導率を算出する。なお、今回使用した試験片は、幅120mm、奥行90mm、厚さ78mmの直方体である。

$$k = E \cdot I / (4 \pi \cdot \ln(t_2/t_1)) \cdot (t_2 - t_1) \quad (1)$$

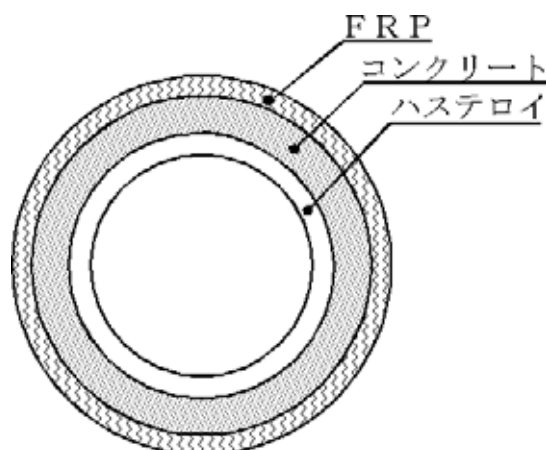


図1 超臨界水反応装置の断面構成

キーワード 圧力容器 断熱材 コンクリート 熱伝導率 圧縮強度

連絡先 〒275-8575 千葉県習志野市泉町1-2-1 日本大学生産工学部 TEL047-474-2310

ここで、

：熱伝導率 (W/mK)

I：熱線に流した電流値 (A)

E：図2の熱線のA-B間の電圧 (V)

：図2の熱線のA-B間の長さ (m)

t_1, t_2 ：熱線に通電後、グラフで直線関係が確認された範囲内の時間 (s)

θ_1, θ_2 ： t_1, t_2 における熱線の温度 ()

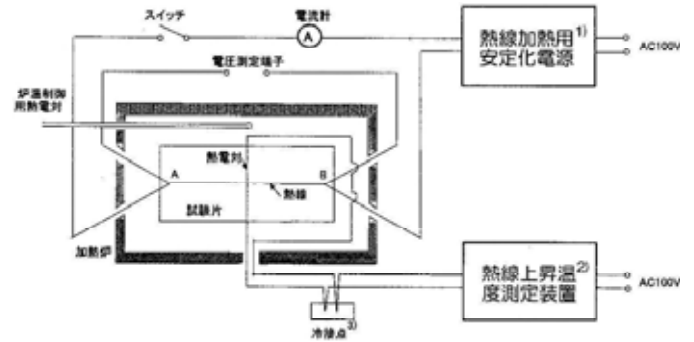


図2 熱伝導率測定装置

3.2 測定結果および考察

図3に圧縮強度試験結果を示す。ビーズの配合割合の増加に伴い圧縮強度は低下した。昨年度の報告²⁾で示したように、計画している反応容器では、コンクリート部には48~61MPa程度の圧縮応力が発生する可能性がある。ここでの一軸圧縮試験とは応力場が違い、回りを拘束されている状態での発生応力という違いがあるが、強度的には使用条件を満たせない結果となった。今後、高強度セメントを使用するなどして改善を図る予定である。

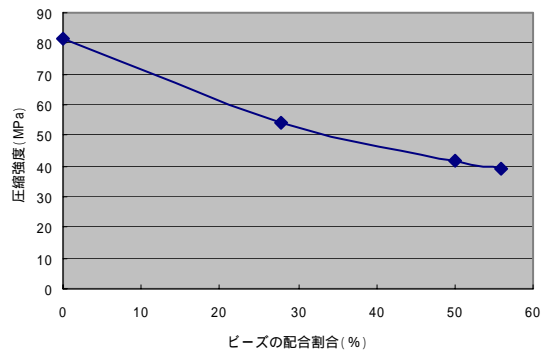


図3 コンクリートの圧縮強度

図4および5に熱伝導率の測定結果を示す。図4は熱線の通電後の温度変化を片対数グラフにプロットしたものであり、このグラフの直線部分のデータを用い(1)式から熱伝導率を求めた結果が図5である。図5より熱伝導率はビーズの配合割合に比例して小さくなるのが分かる。昨年度の報告書で示した容器の設計では、今回使用したビーズとは大きさの異なるものを使用した場合の予測ではあるが、ビーズ入りコンクリートの熱伝導率を0.7(W/mK)程度としている。絶対値としては予測値よりも大きいものの、コンクリート単体に比べ約1/2に低下すると予測したことに対してはほぼ妥当な結果となった。

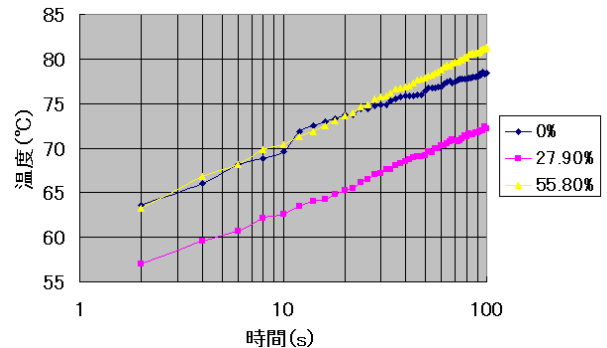


図4 熱線の温度変化

4. まとめ

普通ポルトランドセメントに中空ビーズを混練したコンクリートの圧縮強度は、容器構造で発生する応力を下回る可能性がある。熱伝導率は、絶対値としては予測値よりも大きいものの、断熱効果はほぼ予想通りとなった。

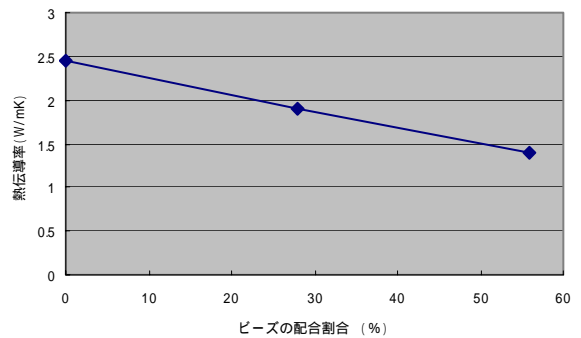


図5 ビーズの配合割合と熱伝導率の関係

参考文献

- 1) 土井啓徳 他：高温・高圧水によるアスファルト混合物のバインダー除去に関する基礎研究 第60回土木学会年次学術講演会
- 2) 村田守 他：超臨界水反応装置に関する研究 第60回土木学会年次学術講演会
- 3) JIS R 2616「耐火断熱レンガの熱伝導率の試験方法」