

超臨界水反応装置用断熱コンクリートに関する研究

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、期待を集めている。土木分野でも、アスファルト混合物廃材の再生利用への応用が検討されている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、従来はハステロイ、インコネルといった Ni 基合金が使用されることが多かった。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、ハステロイ等の耐熱耐食合金の薄板を内面にライナー材とし使用し、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。

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、耐食性のある合金を使用し、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。

超臨界水、反応容器、圧力容器、高温容器

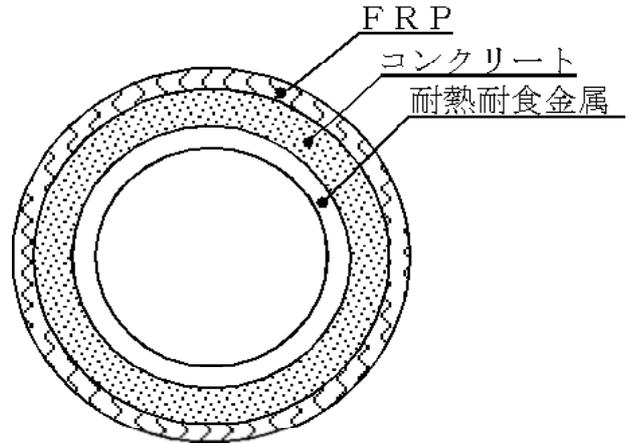


図 1 超臨界水反応装置の断面構成

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, MHC B)²⁾ を混練したものである。このビーズの平均直径および比重は、SLBG が 40 μm , 0.148 であり、MHC B が 100 μm , 0.502 である。製作したコンクリートの種類を表 1 に示す。

表 1 製作したコンクリート

ビーズ W/B (%)	SLBG40		MHC B	
	16	20	16	20
0	0	0	0	0
ビーズ含有率 (%)	20	20	20	20
	31.5	40	40	40
		46		52.8

註) W/B : 結合剤に対する水の割合

このコンクリートの圧縮強度と熱伝導率について試験を行った。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。熱伝導率については耐火物の熱伝導率の試験方法^{3),4)} 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 (1) 式により熱伝導率を算出する。今回習志野市泉町 1 - 2 - 1 日本大学生産工学部

使用した試験片は、幅 260mm、奥行 150mm、厚さ 78mm の直方体である。

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

ここで、

k : 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)

l : 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)

t_1, t_2 : t_1, t_2 における熱線の温度 (°C)

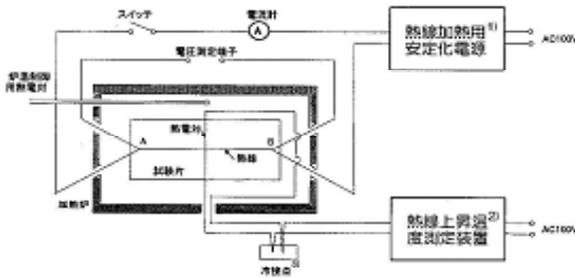


図2 熱伝導率測定装置

3.2 測定結果および考察

図 3 に圧縮試験結果を示す。ビーズの配合割合の増加とともに圧縮強度は低下する。先の報告書⁵⁾に示したように、計画している反応容器では、コンクリート部には 48 ~ 61MPa 程の圧縮応力が発生する可能性がある。今回の結果によると、安全率を考慮しなければ、SLBG を用いた場合ではビーズ含有率が 25 % 程度まで、MHCB を用いた場合ではビーズ含有率が 40 % 程度までであれば必要な強度は確保できることが分かった。

図 4 に熱線に通電後の温度変化を片対数グラフにプロットしたものの例を示す。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を大きくすればほぼ直線的に小さくなることが分かる。先の報告書⁵⁾で示した容器の設計では、ビーズ入りコンクリートの熱伝導率を 0.7(W/mK)程度と仮定している。今回の結果によると、SLBG を用いた場合ではビーズ含有率を 30 % 程度以上、MHCB を用いた場合ではビーズ含有率を 40 % 程度以上とすれば所用の熱伝導率以下に抑えることができる。ただし、昨年度のシリカフィウムを混入しなかったコンクリート⁶⁾と比べると断熱性能は

劣っている。

4. まとめ

MHCB を使用し、含有率を 40 パーセント程度とすれば、設計時に仮定した強度、熱伝導率は一応確保できる。

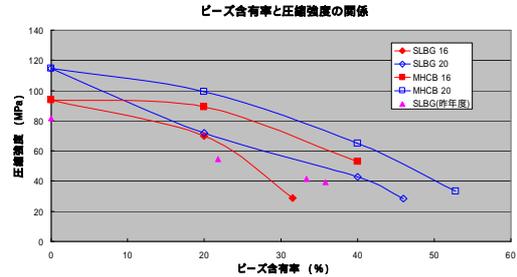


図 3 ビーズ含有率と圧縮強度の関係

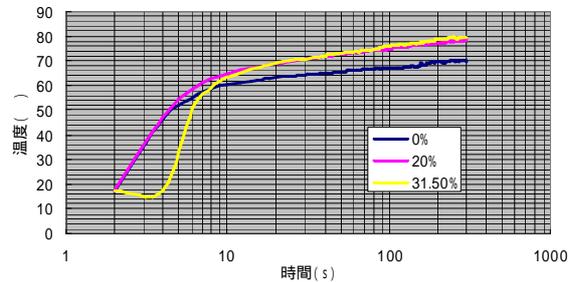


図 4 熱線の温度変化の例

(SLBG, W/B=16%)

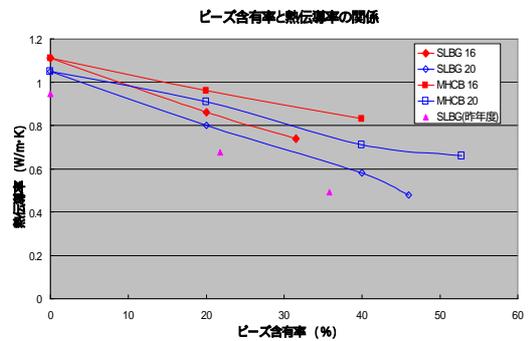


図 5 ビーズの配合割合と熱伝導率の関係

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) ㈱新触媒九州ホームページ
- 3) JIS R 2616「耐火断熱レンガの熱伝導率の試験方法」
- 4) JIS R XXXX-1「耐火物製品の熱伝導率の試験方法 第 1 部：直交法」(審議中)
- 5) 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
- 6) 村田守 他：超臨界水反応装置に関する研究 第 61 回土木学会年次学術講演会