J04308

カーボンモノリスの力学特性評価とイメージベースモデリング

Evaluation of mechanical properties and image-based modeling in porous carbon monolith

○学 神 嘉希^{*1}, 新井 優太郎^{*1}, 向後 保雄^{*1}
 Yoshiki JIN^{*1}, Yutaro ARAI^{*1} and Yasuo KOGO^{*1}

^{*1} 東京理科大学 Tokyo University of Science

Key Words : Porous material, Monolith, Carbon, FIB-SEM, Image based modeling

多孔質材料は、軽量かつ衝撃吸収性能、断熱性能を有しており、断熱材や構造材料へ応用されている。多孔質材料の作製手法は様々だが、近年相分離を利用した手法が注目されており、これにより作製される多孔質材料はモノリスと呼ばれている。一般に多孔質材料は高気孔率になるほど強度が低下する傾向にあるが、モノリスでは網目状の共連続構造を持つため、同程度の気孔率を有する多孔質材料よりも比較的高強度と言われている⁽¹⁾。著者らはこれまで、重合誘起相分離法（PIPS）により作製したフェノールモノリス炭素化し、連続気孔を有する多孔質炭素材料であるカーボンモノリスを作製しているが、その機械的特性は明らかになっていない。そこで、トモグラフィーを利用して解析モデルを作製し、圧縮試験により実験的に得られた力学特性と組み合わせて解析的にも力学特性を評価した。原料として PL2407（群栄化学（株））、ベンゼンスルホンクロリド、エチレングリコールを用いた。溶液を均一に混合させ、乾燥炉にて 40℃12h 保持後、2℃/min で 180℃まで昇温し、180℃で 2 時間硬化させた。作製したフェノールモノリスを炭素化し、カーボンモノリスを作製した（Fig.1）。圧縮試験には万能試験機（Model 5967, INSTRON）を用い、試験片は直方体型とダンベル型を用いた。三次元モデルは、FIB-SEM（MI-4000L, 日立）により得られた連続断層画像から、骨格部分と気孔部分のセグメンテーションを行い、画像を積み上げることで作製した。

10mm×10mm×20mm の直方体型の試験片を圧縮試験した際、試料端部からの割れが生じた。圧縮試験において加圧面における応力集中により一様断面を持つ試験片では試料端部の欠けが破壊に先行し強度が低く見積もられるという報告がある⁽³⁾。ダンベル型試験片の試料においては、試験片中心付近の平坦部での破壊が観察され、その強度は直方体型の約 2 倍の値をとった。ダンベル試験片ではエッジ効果が軽減され、カーボンモノリスの強度をより正確に取得できたと考えられる。得られたカーボンモノリスの強度と他の多孔質炭素材料の強度の比較を Fig.2 に示す。カーボンモノリスは同様な気孔率を有する多孔質炭素材料よりも高強度であることが示された。作製した 3D モデルの気孔率および平均気孔径はそれぞれ 59.5 %, 1.2 μm であった。いずれも実験値と良い一致を示し、作製した 3D モデルはカーボンモノリスの実際の気孔形態をよく再現できたと考えられる。このモデルを用いて、カーボンモノリスが破壊する際に生じる微細構造中の応力分布を算出した。

Fig. 1 Typical microstructures of carbon monolith.

Fig. 2 Compressive strength vs porosity of carbon foam.

文 献

- (1) 宇山浩, “高分子モノリス-新しい作製技術と用途展開”, 高分子論文集, 67, pp.489-493 (2010) .
- (2) Wargo E, Kotaka T, Tabuchi Y, Kumbur E, *J. power sources*, 241, pp.608-618 (2013) .
- (3) 淡路英夫, 永納保男, “セラミックスの圧縮試験”, *Journal of the Ceramic Society of Japan* 101[8], pp.945-950 (1993)