

均一な第一網目構造を持つ超高強度 DN ゲルの一軸伸長変形挙動解析

(北大院生命科学¹, 北大院先端生命², 東大院工³)

松田昂大¹, 中島祐², 黒川孝幸², 野々山貴行², 酒井崇匡³, 鄭雄一³, グン劍萍²

【はじめに】

DN ゲルは、大きく膨潤した第一網目鎖と延性の大きい第二網目鎖からなる相互侵入網目構造を持つ極めて強靱なハイドロゲルで、一軸引張変形において降伏挙動やヒステリシスを示す。強靱化の原因であるエネルギー散逸は第一網目構造の内部破壊に起因するが、従来の DN ゲルの第一網目は極めて不均一で、内部破壊過程を評価することは困難であった。

そこで筆者らは、第一網目に均一な Tetra-PEG ゲル網目を用いて DN ゲルを作成した。Tetra-PEG ゲルは膨潤度が小さく DN ゲルの第一網目に適さないため、ゲル内部に合成した直鎖電解質高分子による浸透圧効果を利用する分子ステント法を用いて Tetra-PEG ゲルを膨潤させた。この内部に第二網目を合成することで、均一な第一網目構造を持ち強靱で降伏挙動を示す DN ゲルを作成した(St-Tetra-PEG DN ゲル)¹⁾。この DN ゲルの変形挙動や内部破壊過程を一軸引張試験によって評価した。

【結果と考察】

Figure 1 に、St-Tetra-PEG DN ゲルの応力-変形率曲線を示す。分子ステントに用いた AMPS のモノマー濃度 C_{St} が大きいほど Tetra-PEG ゲルの膨潤率 α [mm/mm] は大きく、 $C_{St}=0.35$ M 以上では従来の DN ゲルと同様に降伏挙動を示した。この降伏点と膨潤率の関係を調べたところ、降伏応力 σ_y と降伏変形率 λ_y はそれぞれ $1/\alpha^2$, $1/\alpha$ に比例した。前者は降伏応力が引張方向に垂直方向の高分子鎖の面密度に比例することを示す。また後者は、膨潤前から降伏までの引張方向の高分子鎖の伸長率が膨潤度によらず一定であることを示す。この伸長率は 11 で、調製条件より期待される高分子鎖の両末端間距離と伸び切り鎖長の比 7.1 に近い値を示した。これは、降伏点までに第一網目の高分子鎖が十分に伸びていることを示唆する結果である。

サイクル引張試験では、従来の DN ゲルと同様にヒステリシス挙動を示したが、降伏前において従来の DN ゲルに比べ初期弾性率の低下やヒステリシスが共に小さかった。これにより、第一網目の均一性が高いほど内部破壊が少ないことが示唆された。当日はこれら降伏応力や降伏変形率、ヒステリシスエネルギーなどの物理的意味を定量的に議論する。

【参考文献】

(1) T.Nakajma, Y. Fukuda, T. Kurokawa, T. Sakai, U.I. Chung, J. P. Gong, ACS macro lett., 2013, 2, 518

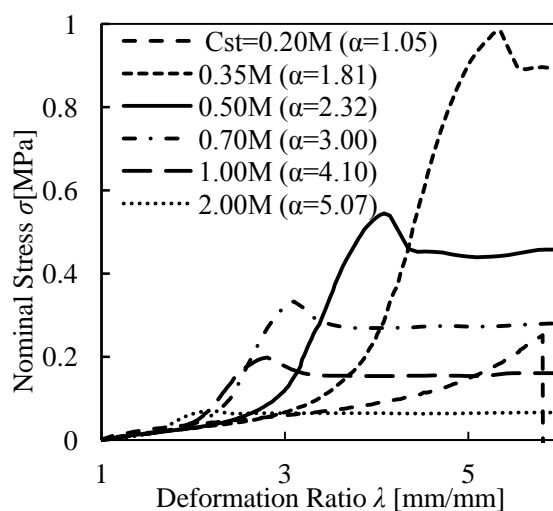


Figure 1 The uniaxial tensile stress -deformation ratio curves of the St-Tetra-PEG/PAAm DN gels for various stent monomer concentration C_{St} .