ベントナイトゲルのすべり破壊*

後 藤 廉 平** 清 水 清***

Slip Fracture of Bentonite Gels

by

Rempei GOTOH

(Institute for Chemical Research, Kyoto University, Takatsuki)

and Kiyoshi SHIMIZU

(Hokkaido Gakugei University, Hakodate)

Gotoh and Hirai¹⁾ found that the blocks of bentonite hydro-gels showed clear slip bands under critical pressure and the bands inclined at 45° in the direction of the force given. The slip patterns could not be observed with the specimens treated at above 800°C or with those dispersed in organic liquids. Gotoh, Hanai and Aida²⁾ investigated the viscoelastic behavior of the bentonite gels with the cone and plate viscometer and found that the gel slipped at certain critical shear stress.

In this report, the critical shear stress at which the slip bands appear was measured at various concentrations of Wyoming bentonite dispersed in water. The critical shear stress was observed with the following three kinds of method; (1) a compression method (Fig. 1), (2) a cone and plate viscometer method and (3) a two surface shearing box method. Fig. 2 shows a typical slip band observed by the compression method. Fig. 3 shows the viscoelastic behavior and slip of the bentonite gel observed at various shearing loads. Fig. 4 shows the relation between the critical stress and the concentrations. The results obtained by the three kinds of method fall on the same line which shows a characteristic curve analogous to the relation between the elasticity of gels of high polymers and their concentrations³⁾. It has been shown that the instantaneous elasticity of the bentonite gels shows also the same tendency with respect to their concentrations.

These results suggest that the bentonite gels has a network structure analogous to that of high polymers, but that the binding force is very weak in comparison with that of polymers. Further, it has been observed that a polarized light can pass through a thin film of the bentonite gel placed between two parallel glass plates at the instant when the plates are sheared (Fig. 6). This result suggests that the bentonite particles can be oriented under shearing stress, and such orientation may make the bentonite gels easy to slip.

(Received Dec. 1, 1964)

1 緒 言

さきに、後藤および平井はベントナイトー水系ゲルの角柱を軸方向に圧縮するとき、力の方向に対して45°傾いたすべり線が現われることおよびこの性質がベントナイトに熱処理をしたり、有機液体を媒質に用いたりすると消失する事実について報告した。また、後藤、花井、相田らはベントナイトゲルの粘弾性について観察して、ある限界より応力の下に不連続的すべりを生ずることを認めた。

本報においては、ベントナイトの円柱を用いて、上

記のすべり破壊を生ずる限界応力と濃度との関係を観察し、円錐—平板型粘度計ならびに引抜きせん断試験によって得られる測定値とを比較した結果について述べる。

2 実験方法

2・1 試 料

Wyoming ベントナイト 400g を 20l の水中に攪拌しながら分散させ、7日間放置した後その上澄液の2/3をとり、95°C以下の温度で加熱濃縮して、種々の濃度のゲルを得た。実験に用いた濃度範囲は7~80wt%であった。

2・2 試料の大きさと成形法

しんちゅう製円筒に試料を充てんし、同心円柱で押

* 原稿受理 昭和39年12月1日

** 正 会 員 京都大学化学研究所 高機研大学助

*** 北海道学芸大学函館分校 函館市八幡町

し出した。その直径や高さを変えて測定した結果、直径が高さよりも小さいか、または等しければ、単位断面積当りの破壊限界荷重は大きさに関係せず一定となることを確かめたので、この実験では、直径ならびに高さがそれぞれ2.50cmと0.74cmの2種類のを試料として用いた。(あまり高さを増すと濃度が稀薄な場合には自重で変形することがある。)

2・3 破壊限界応力の測定

2・3・1 圧縮法 上記の方法で作った試料をFig. 1に示すように台秤にのせて上方からねじを用いてし

Fig. 1. Compression method.

だいに圧縮すると台秤の目盛りは初めは増加するが、ある圧力 W (g/cm^2) に達すると急に減少し始め、このとき同時に試料面に Fig. 2 に示すようなすべり線が

Fig. 2. Slip of a bentonite gel.

現われる。これをその濃度における限界圧力とし、45°方向のずり応力成分としてはその1/2をとった。

2・3・2 円錐—平板粘度計法 円錐—平板粘度計に試料を充てんし、これに種々の荷重をかけて回転ずり応力を与えると Fig. 3 のように小荷重ではいわゆる粘弾性的変化を示して回転するが、ある荷重を越すと不連続な回転を示すべりが起きたことがわかる。このときの荷重から破壊限界応力 F_r (g/cm^2) を求めた。

2・3・3 引抜きせん断法 引抜き二面せん断器(切口面積 = $3 \times 3 \text{ cm}$)に試料を充てんし、引抜きわくを引き出し、これが動き始めたとき応力(限界値)の変化ならびに移動距離の変化を自動的に記録する。このせん断力が垂直に加えた圧力に無関係に一定となる範

Fig. 3. Viscoelastic behavior and slip of a bentonite gel.
(Cone and plate viscometer)

囲の垂直圧の下にせん断力 W_0 (g/cm^2) を測定して濃度との関係を求めた。

3 実験結果

3・1 破壊限界圧力と濃度との関係

Fig. 4 は、上記三つの方法で得た破壊限界値と濃

Fig. 4. Relation between the critical shear stress and concentrations of gels.

度との関係を一つの図にプロットしたもので三者が、よい一致を示している。すなわち、三つの方法で得ら

れたずり応力は同一質のものであって、かつその破壊限界値は、10%以下では濃度に関し約5.2乗、10~45%の範囲では1.2乗、45%以上では約12乗に比例して変化することが示された。

なお、円錐—平板法から、弾性定数、および粘性係数の濃度依存性を求めた結果、やはり10%、45%付近に屈曲点が認められ、上の結果とそれぞれ対応関係が成立していることが推察される。なお、この傾向は、高分子ゲルの弾性と濃度との間にも認められているところである。

3・2 ベントナイトのすべりと配向性

ベントナイトを2枚の透明板にはさみ、直交する2枚のポーラロイド板の間に置くと、すべりを与えたときに瞬間的に光が通過する。

Fig. 5 は、ベントナイトをすべらせたときに偏光

Fig. 5. Transmission of polarized light through a sheared film of bentonite gel.

板を透過した光量の変化をオシロスコープで撮影したものである。これは明らかにすべりを起こしたベントナイトの扁平粒子が配向したこと、およびそれが直ちに元にもどることを示すものである。

4 結 論

ベントナイトのすべりは、弾性変形の後、最大ずりひずみ力の方角に起こる一種の構造破壊現象であって、層状流動とは本質的に区別される。ベントナイトゲルの弾性は高分子ゲル弾性と類似の濃度依存性を示し、水和したベントナイト粒子が比較的弱い力で鎖状に連結し、網目構造をとるものと考えられる。力の方角に対して45°をなすすべり面の現われるのは、ベントナイトゲル特有のものではなく、固体性物体に共通の現象であるが特にベントナイトゲルの場合、弱いひずみ力で容易に起こることは、ベントナイト粒子が扁平な形を持ち、ずり応力の方角に配列しやすいことに関連するものでないかと考えられる。

すべり破壊の限界ずり応力ならびに弾性が濃度に関してともに3段階に変化することは網目構造の形成過程に関連するものと考えられる。

(昭和39年10月1日 第13回レオロジー討論会にて講演)

参 考 文 献

- 1) 後藤廉平, 平井西夫, Bull. Inst. Chem. Res., Kyoto Univ., **20**, 48 (1950).
- 2) 後藤廉平, 花井哲也, 相田博, 日化, **83**, 32(1962).
- 3) 平井西夫, 日化, **74**, 541 (1953); Bull. Inst. Chem. Res., Kyoto Univ., **33**, 21 (1955).
- 4) Walter, A.T., J. Polym. Sci., **13**, 221 (1954).