

ブリュースター角顕微鏡による界面活性剤系膜養生剤の観察

Observation of surfactant-based film-forming curing agent using Brewster angle microscope

伊藤遥子*・酒井雄也**・牧浦理恵***・須佐美有香***

Yoko ITO, Yuya SAKAI, Rie MAKIURA, and Yuka SUSAMI

1. はじめに

コンクリートはセメントの水和反応が進行することで空隙が緻密化し、強度や耐久性が増加する材料である。そのため、乾燥などにより反応の初期に水分が不足すると、セメントの反応が十分に進行せず空隙が粗大化し、劣化因子がコンクリート外部から進入しやすくなる。よって、耐久性の高いコンクリートを作製するには、コンクリートからの水分逸散を抑制する必要がある。

打設直後の水分逸散を抑制し、プラスチック収縮ひび割れと呼ばれるコンクリートの初期欠陥を防止するのにとりわけ有効なのが、膜養生剤による養生である¹⁾。膜養生剤とは打設直後のコンクリート表面上に散布することができる液体である。現在主成分の異なる様々な膜養生剤が製品化・販売されており、多くはコンクリート表面に膜を形成することで水分の蒸発を抑制するとされている^{2) 3)}。しかしそのメカニズムについては不明な点も多い。例えば井沢ら⁴⁾は界面活性剤系の養生剤について、養生剤のみの蒸発速度を測定し、標準的な使用濃度を下回る場合の乾燥速度が最も遅い、すなわち水分逸散が抑制されるという結果を報告している。一方で偏光顕微鏡により養生剤を観察したところ、養生剤の濃度が低い場合には膜がまばらであることを報告している。これらの結果に基づいて、膜以外による水分逸散抑制の可能性を指摘しているが、詳細は不明である。

そこで本研究は、界面活性剤系膜養生剤（以下、単に養生剤）が水分逸散を抑制するメカニズムの解明を目的として、これまでとは異なるアプローチとしてブリュースター角顕微鏡を用いた観察を実施した。ブリュースター角とは、 p -偏光が水面に入射した際、反射光の強度がゼロになる入射角度である。レーザー光を p -偏光として

入射させたとき、高分子の膜で覆われている水面部分はブリュースター条件が崩れ、レーザー光が反射される。ブリュースター角顕微鏡は、この現象を利用することで水面上の膜をイメージ化する顕微鏡である。光学顕微鏡では観察できないような極薄膜でも観察できるという利点がある。本研究では、希釈率の異なる養生剤を純水の上に滴下し、その際形成される膜の観察・比較を行った。

2. 実験方法

本研究では、アニオン性界面活性剤系の液体状の養生剤を使用した。この養生剤の標準希釈率は10%（水：養生剤=1:9）、標準散布量は150-250 ml/m²である。井沢らによる研究⁵⁾を踏まえ、本観察では希釈率3.3%、10%、17%、50%、100%（原液）の養生剤を用意した。そして純水が満たされたトラフ（底の浅い容器）に対して、希釈率×滴下量が一定（0.015 ml）となるまで養生剤を水面に滴下した場合の水面の様子をブリュースター角で観察した。観察の様子は動画撮影されている。なおトラフ表面積は24300 mm²であり、0.015 mlの滴下は約0.6 ml/m²に対応する。また液面の表面圧は白金の測定子（プレート）を和紙で引っ張るWilhelmy法によって測定した。表面圧が高いほど分子間の凝縮しようとする力が大きいことを示している^{5) 6)}。

液面の分子膜の状態判別において、表面圧 π （水面と単分子膜の表面張力の差）と分子占有面積 A を二軸とした π - A 曲線がしばしば用いられる^{5) 6)}。しかし本研究では養生剤の分子量が明らかでないため、分子占有面積を求めることができない。そこでそれぞれのケースでの液面の状態は表面圧および撮影画像に基づいて検討した。

*東京大学大学院 工学系研究科

**東京大学生産技術研究所 人間・社会系部門

***大阪府立大学 21世紀科学研究機構

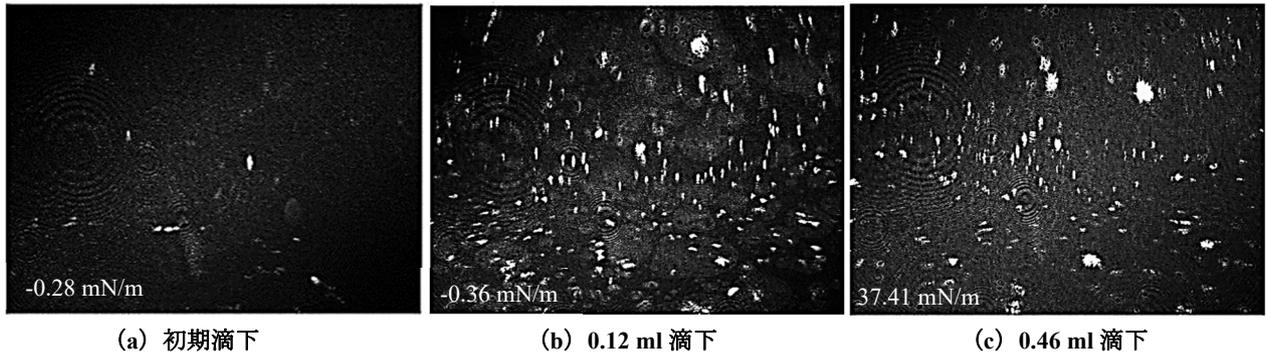


図2 希釈率 3.3%の養生剤を滴下した場合

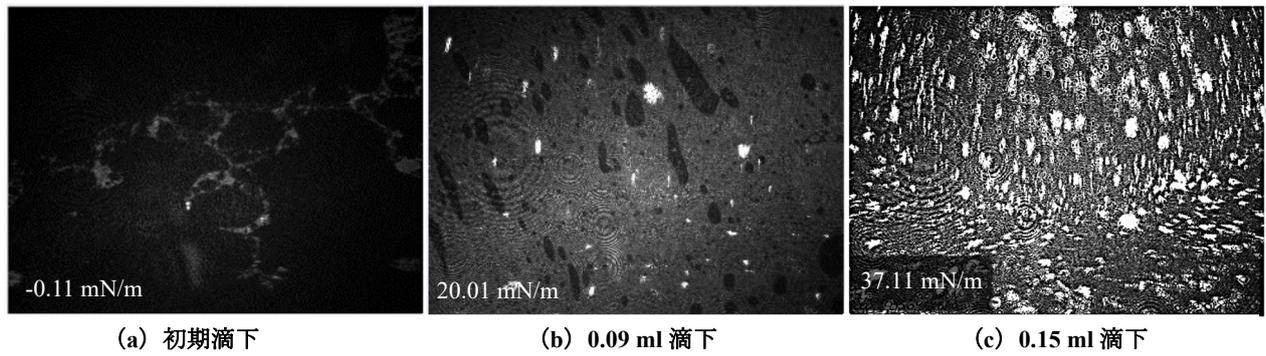


図3 希釈率 10%の養生剤を滴下した場合

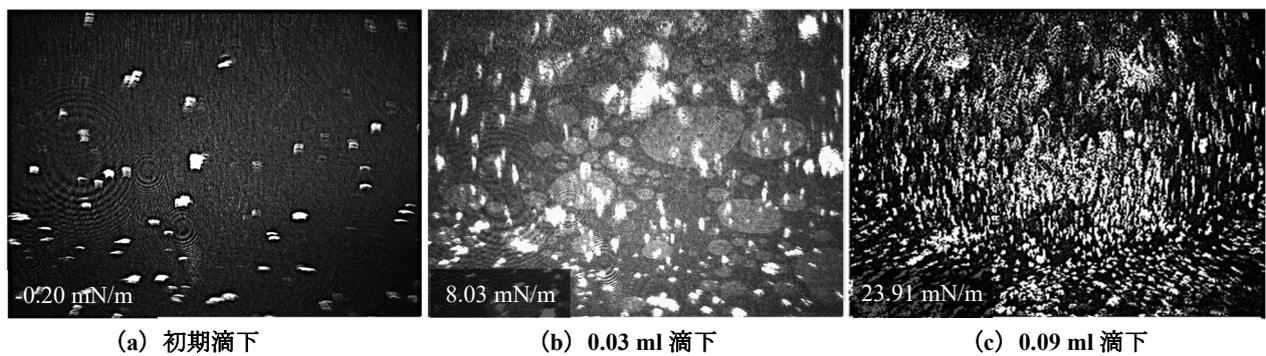


図4 希釈率 17%の養生剤を滴下した場合

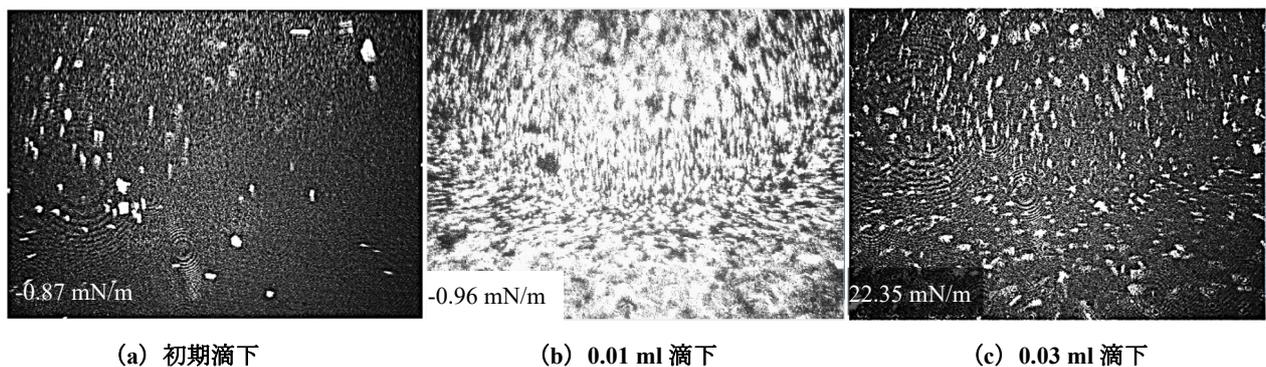


図5 希釈率 50%の養生剤を滴下した場合

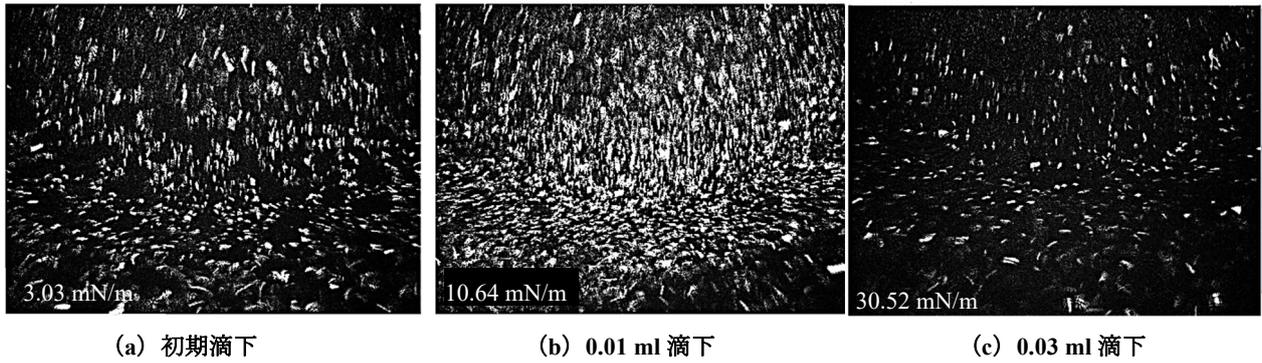


図6 希釈率100%の養生剤を滴下した場合

3. 結果と考察

図2から図6に、ブリュースター顕微鏡で観察した希釈率ごとの水面の様子を示す。画像内の数字はその瞬間の表面張、撮影範囲は縦3mm×横4mmである。画像ごとにコントラストや明るさの設定は異なっている。キャプション内にその時点での滴下量を記した。右の画像ほど、滴下量が多い。

希釈率3.3%と10%を数滴滴下すると、細切れの半透明な膜が少量浮遊した(図2a・3a)。ただし、一つ一つの膜の大きさは希釈率10%の養生剤のほうが大きい。滴下量が増加するにつれ、細切れだった半透明の膜が次第に結合し、表面張力も上昇した(図2b・3b)。さらに滴下を続けると、膜とは異なる白い(輝度の高い)物体が増加した(図2c・3c)。

希釈率17%以上の養生剤の場合は、数滴の滴下で白い物体が多く現れた(図4-6a)。17%の養生剤では時々半透明の膜も確認できるが(図4b)、最終的には膜ではなく白い物体が水面全体を占めた(図4c)。希釈率が50%、100%の場合、半透明の膜はほとんど確認できなかった(図5・図6)。水面の白い物体の数は、初め養生剤の滴下量に伴い増加するものの、ピーク(図5b、6b)をすぎると減少した(図5c・図6c)。

以上を踏まえ、希釈率が高い又は滴下量が多い又ケースで白い物体を確認したことから、白い物体とは界面活性剤分子の集合体であると考えられる。希釈率50%、100%で白い物体の数がピークを迎えたあと減少したのは、界面活性剤の凝集体が水中に沈んだことが原因と考えられるが、これは今後検証する必要がある。また一方養生剤の希釈率が低く滴下量が少ないケースでは、半透明の膜が水面を覆うことを確認した。井沢らの検討に

おいて、養生剤の蒸発が低濃度であっても抑制された⁴⁾のは、この半透明の膜が水分逸散の抑制に寄与したためと考えられる。今後は、この膜の安定性に影響を与える条件を検討することで、界面活性剤系の養生剤が効果を発揮しやすい条件や、不向きな条件などを検討する予定である。

4. 結論

界面活性剤系膜養生剤がコンクリートからの水分逸散を抑制するメカニズムを解明するため、様々な希釈率の膜養生剤を用意し、これを純水に滴下した場合の様子をブリュースター顕微鏡により観察した。本観察で得られた結論を以下にまとめる。

- ・養生剤の濃度が10%以下の場合には膜が観察される一方で、17%以上の濃度では界面活性剤の集合体とみられる物体が多数確認された。
- ・既往の研究で低濃度の場合に養生剤の蒸発が抑制されたのは、今回低濃度の場合に観察された膜が水分逸散に寄与しているためと考えられる。

謝辞

本研究で用いた養生剤は、日本コンクリート技術会社様に提供していただいた。ここに記して深く謝意を表す。

参考文献

- 1) 松下 博通, : コンクリート構造物の初期欠陥および劣化のメカニズム、安全工学、39 巻 4 号、p. 234-246、2000.
- 2) 篠田佳男、河野 一徳、阿佐見雅子、佐々木博隆 : コ

ンクリート表面仕上げ剤の初期養生効果と付着性能について、第 38 回土木学会関東支部技術研究発表会 V-30、2011.

- 3) 起橋 孝徳、上西 隆、河野政典：高強度コンクリート用各種養生剤によるひび割れ抑制効果、日本建築学会大会学術講演梗概集（関東）A-1 1162、2006.
- 4) 井沢祐貴、酒井雄也、勝木太：界面活性剤系の膜養生剤による水分逸散抑制機構に関する検討、第 45 回関東支部技術研究発表会、2018.
- 5) 宮野健次郎：「有機単分子膜の構造と相転移」、応用物理、55 巻 9 号、p. 897-902、1986.
- 6) 雀部 博之：高分子超薄膜の作成と電気物性、応用物理、56 巻、2 号、p. 146-160、1987.