

掘削泥壁面への泥膜形成に関する考察

高知高専 正 〇 吉 田 泰 治

〃 正 又 谷 亘

〃 秋 山 幸二郎

1. まえがき : 掘削泥壁面の安定機構を考えるうえで、いつも前提条件となっているものに掘削壁面に形成される泥膜(フィルターケーキ)が、すでに存在しているということである。では、この泥膜はどのようにして形成されるのであろうか、この点に言及している報告は少ない。そこで今報告はこの泥膜に着目し、いかにして泥膜が形成されるのかについて検討を加えようとするものである。

2. 泥膜形成の第一段階 : まず非粘性土(地盤)に対して泥水を使用して溝を掘削することを念頭に置いて初期の泥膜形成について考えてみよう。地盤掘削直後、掘削表面の土粒子は泥水方向へ移動しようとするが、泥水の粘性が高い(ファンネル粘性で約50秒、清水の場合は約20秒)ことから、土粒子がさほど移動しないつちに、泥水で保持される格好になり泥水の水頭差による地盤側への浸透により、泥水とともに地盤側へと押しつけられ、その後泥水の地盤による濾過作用で土粒子間隙にはヘントナイト粒子が埋められ非常に薄い膜が形成される。

3. 泥膜の成長に対する考え方 : 以上のよつにして出来た膜は放置時間とともに徐々に成長してゆき、掘削壁面に明確な泥膜と形成することになるが、この成長について現在までに報告されていることは(1)泥水の地盤中への浸透作用による(J. Nasir⁽¹⁾)と、(2)泥水浸透作用以外にヘントナイト粒子の電気泳動により成長が起る(C. Veder⁽²⁾)との考えがある。まずJ. Nasirの報告による泥水浸透濾過作用のみで泥膜成長に寄与するとはすると、(1)式で泥膜厚とDが求まる。ここにm:泥水容積濃度、 n_c :泥膜孔隙率(=80%)、 k_c :泥膜の透水係

$$D = \sqrt{\frac{2k_c m h}{1 - n_c}} \cdot \sqrt{t} \quad (1)$$

数(=2×10⁻⁹ cm/sec)、h:泥水圧と地下水圧との水頭差。次に電気泳動による泥膜形成については、ドナンの膜平衡より、泥膜と境に濃度差のある泥水と地盤側とでは膜電位Eが発生し、その電位差によりヘントナイ

$$U = \frac{\epsilon \zeta}{4\pi \eta} E \quad (2)$$

ト粒子が移動を起す、この際泥水側は(-)極、地盤側は(+)極と測定されるので、ヘントナイト粒子の地盤側への移動速度は(2)式で示される。ここに η :分散媒の粘性係数、 ϵ :誘電率、 ζ :ヘントナイト粒子の界面動電圧(き

50 mV程度)である。

4. 泥膜形成実験と考察 : ここで上記2説を検討するため図-1の装置により泥膜形成実験を試みた。その結果を図-2に泥膜厚とDとの関係を示し、その所発生する電位をE~logtで図-3に示した。

これによると、泥水と地盤側との発生電位はとゞく大きくなると徐々に減少し一定値に漸近する。

もし、泳動現象による膜成長であれば、泥膜厚とDはEに比例しなければならぬ。しかし図-2に示したようにDは $\sqrt{t}$ に比例しておりヘントナイト粒子の電気泳動による泥膜成長への寄与はあまり小さいことになるようだ。又図-2の関係から(1)式も支持されるように思ふが、もし、水頭差による浸透濾過作用が卓越しているのであれば、水頭差の小さい所では薄い泥膜、水頭差の大きい位置では厚い泥膜とならねばならず、図-2に示しているように泥膜の上と下とでは泥膜厚とはほぼ変化しておらず、あまり水頭差には関係しないようであ

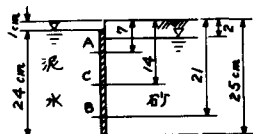
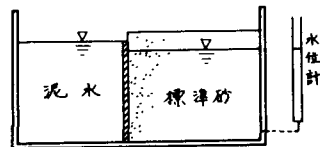


図-1 実験条件及び装置

る。(実際の現場報告でも、この差は明確ではない)いま

(1)式を用いて本実験位置での泥膜厚とDを計算してみると、 $m=3\%$ であるから72時間放置後、 $z=7\text{cm}$ の所では $D=0.24\text{mm}$ 、 $z=2\text{cm}$ で $D=0.27\text{mm}$ となり、図-2の測定値と比較して全体的に泥膜厚はあまり薄くなくとはいけないうことになる。

5. バントナイト粒子の凝集効果による膜成長

上記2つの項目で説明のつかない部分について、初期に形成される薄い泥膜に、泥水中のバントナイト粒子が接触した直後、泥膜に粒子が凝集すると考えてみる。

フィックスの拡散方程式を用いて泥水濃度Cと求めると、(3)式となる。ここで D_L :拡散係数、 x :膜面を $x=0$ として膜に垂直な方向とする。

$$\frac{\partial C}{\partial t} = D_L \frac{\partial^2 C}{\partial x^2} \quad (3)$$

これを境界条件 $x=0$ で $C=0$ 、 $x=L$ で $dc/dt=0$ 、初期条件 $t=0$ で $C=C_0$ として解くと、 $x=x$ の濃度

$$C = \sum_{m=0}^{\infty} \frac{2C_0}{m} \left(\sin \frac{m}{L} x \right) e^{-\left(\frac{m}{L}\right)^2 D_L t} \quad (4)$$

は(4)式となり、初期濃度 C_0 からCに変化した分だけ膜厚が成長したとすると、 $\Delta D = UC_L / (1 - C_0)$ となる。

$$U = \frac{C_0 L - \int_0^L C dx}{C_0 L} = 1 - \sum_{m=0}^{\infty} \frac{2}{m^2} e^{-\left(\frac{m}{L}\right)^2 D_L t} \quad (5)$$

(5)式は t が小さい範囲では $U = (2/L) \sqrt{D_L t / \pi}$ と近似できるところから $\Delta D = \alpha \sqrt{t}$ なる関係式が得られる。

一般に膜に引とけられ粒子がすべて膜に凝集するとは考えられないので、この凝集は緩慢凝集となり、やはり長時間 U は $\sqrt{t}$ に比例するところになる。一般に薬剤後放置時間は長くて2日程度だから、その間の膜成長は $\sqrt{t}$ に比例すると考えても良いだろう。これを確認する意味で泥水中に泥膜を付着させた濾紙をつくり、泥膜成長と調べた結果を図-2中に示しているが、他の要因はしる泥膜は成長している。(泥膜を付着させない濾紙では泥膜は出来なかった。)

6. 結論：現段階では泥膜は泥水の浸透濃度による成長以外にバントナイト粒子の界面性質による影響が考えられ、二つの緩慢凝集も1つの成長要因であろうと考えられるが、この量的検討は今後に残された問題である。

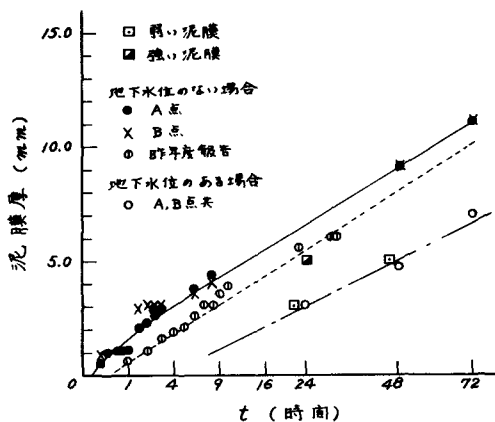


図-2 泥膜の成長

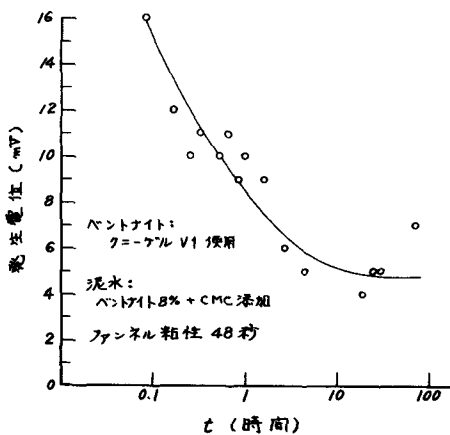
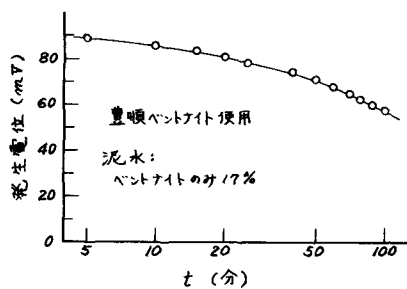


図-3 発生電位

- (1) J. Nash, "Stability of Trenches Filled with Fluids" CO-4, ASCE, 1974, PP.533-542,
- (2) C. Veder, "An Investigation on the Electrical Phenomena at the Area of Constant bentonite Muds and Cohesionless Materials" Proc. 5th Int. Conf. on SMFE, 1961,
- (3) 吉田・石谷・秋田, "掘削泥壁面への工圧評価" 第32回 中国・四国工学会講演要集, PP.222-223, 1980.