近似した特性値をもつ二成分混合泥の汙過性状*
(香港カオリン“ピンク”“ダークエロー”混合泥について)

白 戸 紋 平**・岡 村 幸 雄**

1. 結 言

Hoffing, Lockhart²⁾ らは、汙過と透過との類似性を明らかにする目的で、粉碎石英およびその分級粒に珪藻土を種々なる割合で混入したかなり稀薄な泥漿について汙過実験および透過実験を行い、そのケーキを完全に非圧縮性に見做して、空隙率、比表面積およびケーキの平均比抵抗の混合割合による変化を調査している。われわれは、汙過性状既知の圧縮性のある二種類の泥を種々なる割合に混合した泥漿の汙過性状を調査する目的で、まずその第一段階として、前報³⁾に述べた如くかなり近似した汙過性状を呈する香港カオリン“ピンク”“ダークエロー”混合泥について実験を行った。

すでに前報³⁾において述べたごとく、圧縮および透過の両実験結果に基づいて(4)式³⁾により推定したケーキの湿乾質量比 m と、圧縮実験結果のみに基づいて(4')式^{3,4)}により推定した値 m' との差異は、香港ピンクカオリンおよびダークエローカオリン泥について、それぞれ4.7~1.9%、および1.0~2.1%に過ぎなかったので、主として圧縮実験と恒圧汙過実験との結果を併用して、泥漿内の固形分の混合割合 X (または X') による圧縮平衡時のケーキの空隙率 e_x 、湿乾ケーキ質量比の推定値 m_x' 、 s なる濃度の泥漿を恒圧汙過した場合のケーキの平均比抵抗 $\alpha'_{f,s,X}$ とケーキの有効比表面積、およびRuthの恒圧汙過係数 $K'_{20,f,X}$ などの変化状態を調査した結果について報告する。ここに、泥漿内固形分中のピンクカオリンの全固形分に対する質量分率を X (容積分率を X') と定めた。

なお、各成分原料泥の諸特性を Table 1 に表示した。就中、ケーキ圧縮圧力 P_c の同じ値に対応した両成分泥の平衡空隙率については、表より明らかな如く $e_0 \approx e_1$ であって、その差異は最大4.5%程度、またケーキの平均比抵抗は、泥漿濃度 s および汙過圧力 P が同一の場合について $(\alpha'_{f,s,X=0})_P / (\alpha'_{f,s,X=1})_P \approx 2.27 \sim 3.26$ 程度であった。

2. 実験方法

使用した汙過実験装置は前報³⁾の Fig. 1 と同様であった。香港カオリン“ピンク”の質量分率 $X=0.05$,

0.25, 0.50, 0.75 および 0.90 なる混合泥の種々なる濃度の泥漿について、恒圧汙過実験および圧縮実験を行った。なお、 $X=0.05$, 0.25 および 0.50 なる泥漿の圧縮ケーキについては透水実験をも施行した。

3. 実験結果とその考察

(i) 圧縮および透過実験結果ならびに X (または X') による e_x および m_x' の変化 前報と同様にして混合泥の圧縮実験を行って、圧縮ケーキの平衡空隙率 e_x vs. ケーキ圧縮圧力 P_c の関係を求め、その結果の一例を Fig. 1 に示した。 e_x は何れも s には無関係に P_c のみによって定まり $\log e_x$ vs. $\log P_c$ が曲線状を示すことは原料泥の場合と同様であった。

Hoffing らは、空隙率 0.85 なる珪藻土と空隙率 0.37~0.60 なる粉碎石英との混合泥の空隙率 e_x と X' との関係を調査している。その結果によれば、 e_x vs. X' は曲線状となったが、われわれの使用した各成分泥は Table 1 に示した如く、その特性値、特に e_0 および密度 ρ_s がはなはだ近似していたために、Fig. 1 に付加してある如く、圧縮実験値 e_x は同じ P_c に対応した香港カオリン“ダークエロー”および“ピンク”泥の実験値 e_0 , e_1 の混合割合による比例値 $(e_x)_i$ と比べ、実験を行ったすべての X' につき、ほぼ1%以内(最大3.2%)の偏差で一致した。ただし比例値 $(e_x)_i$ は、

Fig. 1 e_x vs. P_c ($X=0.25$, $X'=0.251$)

* 昭和33年7月28日受理

** 名古屋大学工学部化学工学教室

Table 1 Properties of the Two Components.

Density [gm/cm ³] Stokes' Dia. by Andreasen's Pipet	Hongkong Kaolin "Dark-yellow"		Hongkong Kaolin "Pink"	
	2.57 larger than	20 μ : 11.2% 10 μ : 27.4 " 5 μ : 42.2 " 2 μ : 56.5 "	2.56 larger than	20 μ : 11.8% 10 μ : 32.7 " 5 μ : 51.3 " 2 μ : 69.8 "
Cake Pressure P_s , or Filtration Pressure $P=100$ [gr/cm ²]	$e_0=0.693$	$m_0' = -$	$e_1=0.663$	$m_1' = -$
200 "	0.671	—	0.645	—
300 "	0.656	—	0.631	—
400 "	0.644	—	0.621	—
500 "	0.634	1.807	0.614	1.664
600 "	0.625	—	0.607	—
800 "	0.612	—	0.596	—
1000 "	0.600	1.735	0.588	1.633
1500 "	0.580	1.690	0.574	1.611
2000 "	0.568	1.662	0.564	1.591
2500 "	0.558	1.640	0.555	1.575
3000 "	0.549	1.623	0.547	1.569
3500 "	0.542	1.606	0.541	1.554
4000 "	0.535	1.593	0.535	1.541
4500 "	0.529	1.582	0.531	1.537
5000 "	0.523	1.574	0.527	1.534
6000 "	0.513	1.557	0.520	1.517
7000 "	0.505	1.541	0.515	1.508
8000 "	0.499	1.528	0.511	1.499
9000 "	0.494	1.518	0.508	1.491
Average Specific Resistance of Cake, $\alpha' f, s, X$ [cm/gm]	$\alpha' f, s, X = 1.66 \times 10^{10} (1 - 0.741 s) \cdot P^{0.465}$; $P = 10^3 \sim 9000$ gr/cm ² , $s = 0.279 \sim 0.060$		$\alpha' f, s, X = 1.66 \times 10^{10} (1 - 0.478 s) \cdot P^{0.332}$; $P = 10^3 \sim 9000$ gr/cm ² , $s = 0.351 \sim 0.128$	

$$(e_X)_i \equiv e_0 + X'(e_1 - e_0) \quad (1)$$

とする。なお、 e_X vs. X' は Fig. 2 に示した。

更に、実験値 e_X を前報の (4') 式に適用して m_X' を求め、比例値 $(m_X')_i$ とともに Table 2 に示した。 m_X' もまた、各成分泥の m_0' , m_1' の相違が僅少であったために $(m_X')_i$ に比して、ほぼ 1% (最大 1.7%) の偏差内で一致した。ここに比例値 $(m_X')_i$ は

$$(m_X')_i \equiv m_0' + X(m_1' - m_0') \quad (2)$$

Fig. 2 e_X vs. X'

を示す。

透過実験結果より Kozeny 式を用いて算出した $k \cdot S_0^2$ vs. e_X を Fig. 3 に示し、その実験式を以下に列記した。

Fig. 3 $k \cdot S_0^2$ vs. e_X
(Results of Permeability Exp.)

Table 2 m_X' & $(m_X')_i$

X	P [gr/cm ²]	1000	2000	3000	4000	5000	6000	7000	8000	9000
0	m_X'	1.735	1.662	1.623	1.593	1.574	1.557	1.541	1.528	1.518
0.05	m_X'	1.720	1.651	1.611	1.586	1.563	1.546	1.536	1.522	1.511
	$(m_X')_i$	1.730	1.658	1.620	1.590	1.572	1.555	1.539	1.527	1.517
	Dev. %	+0.6	+0.4	+0.6	+0.3	+0.7	+0.6	+0.2	+0.3	+0.4
0.25	m_X'	1.715	1.646	1.607	1.581	1.561	1.545	1.531	1.520	1.510
	$(m_X')_i$	1.709	1.644	1.609	1.582	1.564	1.547	1.533	1.521	1.511
	Dev. %	-0.3	-0.1	+0.1	+0.1	+0.2	+0.1	+0.1	+0.1	+0.1
0.50	m_X'	1.700	1.635	1.596	1.571	1.552	1.536	1.522	1.513	1.503
	$(m_X')_i$	1.684	1.626	1.596	1.567	1.554	1.537	1.524	1.513	1.504
	Dev. %	-0.9	-0.6	0.0	-0.3	+0.1	+0.1	+0.1	0.0	+0.1
0.75	m_X'	1.631	1.589	1.561	1.538	1.525	1.513	1.504	1.492	1.486
	$(m_X')_i$	1.658	1.609	1.582	1.554	1.544	1.527	1.516	1.506	1.498
	Dev. %	+1.7	+1.3	+1.3	+1.0	+1.2	+0.9	+0.8	+0.9	+0.8
0.90	m_X'	1.639	1.593	1.566	1.549	1.531	1.520	1.510	1.503	1.494
	$(m_X')_i$	1.643	1.598	1.574	1.546	1.538	1.521	1.511	1.502	1.494
	Dev. %	+0.2	+0.3	+0.5	-0.2	+0.5	+0.1	+0.1	-0.1	0.0
1.00	m_X'	1.633	1.591	1.569	1.541	1.534	1.517	1.508	1.499	1.491

Table 3 Predicted Values, K_{20-X} & Filtration Results, K_{20-f-X} ($A=51.15\text{cm}^2$)

X	s	P [gr/cm ²]	Predicted Values.			Results of Filtration Exp.			Deviation [%]
			m_X	$\alpha_{0,X}$ [cm/gm]	$K_{20,X}$ [cm ² /sec]	t_F [°C.]	$K_{f,X}$ [cm ² /sec]	$K_{20-f,X}$ [cm ² /sec]	
0.05	0.269	1 $\times 10^3$	1.737	3.41 $\times 10^{11}$	2.96	16.5	2.664	2.91	+1.7
		3 "	1.641	5.64 "	5.64	18.6	5.522	5.71	-1.2
		5 "	"	5.64 "	"	18.6	5.537	5.73	-1.6
		9 "	1.598	7.26 "	7.45	16.6	7.305	7.95	-6.3
		9 "	1.549	9.84 "	10.12	16.8	9.833	10.65	-5.0
0.25	0.224	1 "	1.757	3.17 "	4.36	11.6	3.426	4.26	+2.3
		3 "	1.647	5.19 "	8.31	15.4	7.477	8.40	-1.1
		5 "	1.601	6.65 "	11.0	13.9	9.804	11.4	-3.5
		9 "	1.552	8.96 "	14.9	15.8	14.82	16.5	-9.7
		9 "	1.538	6.66 "	16.3	15.3	16.09	18.1	-9.9
0.50	0.256	1 "	1.730	2.48 "	4.48	10.3	3.167	4.08	+9.8
		3 "	1.632	4.01 "	8.68	11.9	7.097	8.76	-0.9
		5 "	1.586	5.06 "	11.7	12.3	10.23	12.5	-6.4
		9 "	1.538	6.66 "	16.3	15.3	16.09	18.1	-9.9
		9 "	1.538	7.67 "	20.3	15.4	21.47	24.1	-15.8
0.75	0.203	1 "	1.730	2.85 "	5.72	9.8	4.345	5.69	+0.5
		3 "	1.632	4.62 "	10.9	12.8	9.510	11.4	-4.4
		5 "	1.586	5.82 "	14.6	12.2	13.76	16.8	-13.1
		9 "	1.538	7.67 "	20.3	15.4	21.47	24.1	-15.8
		9 "	1.538	7.67 "	20.3	15.4	21.47	24.1	-15.8

$$\begin{aligned} X=0.05, s=0.269: \log k \cdot S_0^2 &= 13.078 - 1.96 \cdot \epsilon_{0.05} \\ X=0.25, s=0.224: \log k \cdot S_0^2 &= 13.064 - 2.01 \cdot \epsilon_{0.25} \\ X=0.50, s=0.256: \log k \cdot S_0^2 &= 12.905 - 1.98 \cdot \epsilon_{0.50} \\ " , s=0.203: \log k \cdot S_0^2 &= 12.966 - 1.98 \cdot \epsilon_{0.50} \end{aligned} \quad (3)$$

これら、圧縮および透過実験結果を併用して前報の(4)式による推定値 m_X と m_X' とは殆んどすべてが 2.5% 以内の差異を示したに過ぎなかった。

(ii) 圧縮透過実験結果に基づく推定値 K_{20-X} と透過実験結果との比較 圧縮および透過実験結果を利用して、前報³⁾の(3)式によってケーキの平均比抵抗の推定値 $\alpha_{0,X}$ を求め、この $\alpha_{0,X}$ および m_X を用いて Ruth の恒圧透過係数の推定値 K_{20-X} を算出し、実際に恒圧透過実験を施行してえた $K_{20-f,X}$ とともに Table 3 に比較表示した。 K_{20-X} と $K_{20-f,X}$ とはほぼ 10% 以内の差異を示した。

(iii) 透過実験結果と圧縮実験結果との併用

$\Delta\theta/\Delta V$ vs. V が恒圧透過の初期において曲線状を示すことは、香港カオリン“ピンク”“ダークエロー”の場合と同様であった。恒圧透過実験結果からえた $K_{20-f,X}$ vs. s を Fig. 4-1~5 に図示した。 $K_{20-f,X}$ vs. s は何れも各透過圧力毎に曲線状を示した。前報と同様に、 $K_{20-f,X}$ の値に Table 2 内の推定値 m_X' を適用して $\alpha'_{f,s,X}$ を得、さらに $X=\text{const.}$ なる各場合について $\alpha'_{f,s,X}$ の s , P による変化を調査し、ケーキの平均比抵抗は次式、すなわち

$$\alpha'_{f,s,X} = \alpha_{0,X}(1 - \phi_X \cdot s) P^{n_X} \quad (4)$$

なる形で表わしえ、実験を行った $X=\text{const.}$ の各場合について、それぞれ下記の実験式をえた。

$$\begin{aligned} X=0 &: \alpha'_{f,s,X} = 1.66 \cdot 10^{10} (1 - 0.741s) \cdot P^{0.465} [\text{cm/gm}] \\ X=0.05 &: " = 2.00 \cdot 10^{10} (1 - 1.059s) \cdot P^{0.460} " \\ X=0.25 &: " = 2.55 \cdot 10^{10} (1 - 0.997s) \cdot P^{0.413} " \\ X=0.50 &: " = 3.13 \cdot 10^{10} (1 - 0.898s) \cdot P^{0.356} " \\ X=0.75 &: " = 2.80 \cdot 10^{10} (1 - 0.704s) \cdot P^{0.328} " \end{aligned}$$

Fig. 4-1 $K'_{20.f.X} \cdot S$ vs. s
($X=0.05$, $X'=0.0502$, $A=51.15 \text{ cm}^2$)

Fig. 4-2 $K'_{20.f.X} \cdot S$ vs. s
($X=0.25$, $X'=0.251$, $A=51.15 \text{ cm}^2$)

$$\begin{aligned} X=0.90: & \quad " = 2.46 \cdot 10^{10} (1-0.581s) \cdot P^{0.312} \quad " \\ X=1.00: & \quad " = 1.66 \cdot 10^{10} (1-0.478s) \cdot P^{0.332} \quad " \end{aligned} \quad (5)$$

Fig. 4-3 $K'_{20.f.X} \cdot S$ vs. s
($X=0.50$, $X'=0.501$, $A=51.15 \text{ cm}^2$)

Fig. 4-4 $K'_{20.f.X} \cdot S$ vs. s
($X=0.75$, $X'=0.751$, $A=51.15 \text{ cm}^2$)

Fig. 4 内にも示した如く、実験式 (5) および推定値 $m_{X'}$ を用いての計算値 $K'_{20.f.X}$ は殆んどすべての戸過実験値と $\pm 5\%$ 以内の偏差で一致した。

さらに $\alpha_{0.X}$, ϕ_X & n_X vs. X を Fig. 5 に示した。混合泥ケーキの圧縮性指数 n_X の値の X による変化は、図示した如く直線的でないとも見られるが、この場合各成分ケーキの圧縮性指数が、かなり近似しているゆえ、明白には判定し難い。したがって、この n_X と互に関係を有する $\alpha_{0.X}$, ϕ_X の変化についても同様であって、さらに各成分ケーキの圧縮性が相当異なる如き混合泥漿についての実験結果 (現在実験中) を俟たなければ、それらの X による変化は明らかでない。

(iv) 泥漿組成 X' によるケーキの有効比表面積の変

Fig. 4-5 $K_{20,f,X} \cdot s$ vs. s
($X=X'=0.900$, $A=51.15 \text{ cm}^2$)

化 透過実験結果を Kozeny 式に適用してえた $k \cdot S_0^2$ vs. e_X はすでに Fig. 3 に図示した。ここに k は Kozeny の恒数 [—], S_0 は e_X がすべて流動に関与するものと仮定しての Grace のいわゆる¹⁾ 有効比表面積 [$\text{cm}^2/\text{cm}^3 \text{ solid}$] である。Fig. 3 内には、 $X=0$, および 1 なる各成分泥の $k \cdot S_0^2$ の実験式³⁾ を示す直線をも付加してある。 $\sqrt{k \cdot S_0^2}$ vs. X' が必ずしも直線関係を示していないことは Fig. 3 からもおのずから明らかである。

また、実験式 (5) より明らかな如く $X=1.00$ なるピンクカオリンケーキの平均比抵抗の泥漿濃度 s による変化は、 $X=0$ なるダークエローカオリンのそれに比して小さく、したがって有効比表面積の s による変化も小さく、そのために前報³⁾ に報告したピンクカオリンの圧縮ケーキについての透過実験結果からは、 s による $k \cdot S_0^2$ の変化は明らかには認めえなかったが、実際には“ピンク”“ダークエロー”ともに、その $k \cdot S_0^2$ の値は e のみならず s によっても変化する訳である。

われわれは有効比表面積の X' による変化を調査するために、透過実験結果から算出した $k \cdot S_0^2$ よりも、多くの実験結果から求めたより信頼性の高いと考えられる実験式 (5) と Tiller⁴⁾ にならい、 $k \cdot S_0^2$ の代りにケーキの平均有効比表面積 S を採用して $k \cdot S_{0,X}$ とおきかえた次式すなわち

$$k \cdot S_{0,X} = \frac{\alpha'_{0,X} \cdot \rho_{0,X} \cdot \int_0^P e_X^3 / (1 - e_X) dP_X}{P} \quad (6)$$

Fig. 5 $\alpha_{0,X}$, ϕ_X & η_X vs. X

Fig. 6 $\int_0^P \frac{e_X^3}{(1-e_X)} dP_X$ vs. X

に、圧縮実験結果から求め Fig. 6 に図示した $\int_0^P e_X^3 / (1 - e_X) dP_X$ を適用して $(k \cdot S_{0,X}^2)$ を算出し $(\sqrt{k \cdot S_{0,X}^2})_P$ vs. X' を $s=0.1, 0.2, 0.3$ なる各場合について Fig. 7 に示した。ここに、 $S_{0,X}$ は e_X がすべて流動に関与すると仮定しての恒圧透過ケーキの平均有効比表面積であってこの場合は透過圧力 P , s および X' によって変化する。Fig. 7 より明らかな如く $(\sqrt{k \cdot S_{0,X}^2})_P$ vs. X' は単純な直線的加成性、すなわち

$$(\sqrt{k \cdot S_{0,X}^2})_{1,P} \equiv (\sqrt{k \cdot S_{0,X}^2})_P + X' \{ (\sqrt{k \cdot S_{0,X}^2})_P - (\sqrt{k \cdot S_{0,X}^2})_0 \} \quad (7)$$

Fig. 7 $(\sqrt{k \cdot S^2 \cdot X})_P$ vs. X'

Fig. 7' $(\sqrt{k \cdot S^2 \cdot X})_{I',P}$ vs. X'

は示さず、 $s=0.1 \sim 0.3$ 、 $P=500 \sim 9000$ [gr/cm²] において、 $(\sqrt{k \cdot S^2 \cdot X})_{I',P}$ は $(\sqrt{k \cdot S^2 \cdot X})_P$ に比し 11.8~0.1% 過小値を与えた。なお $s \geq 0.2$ において、 $(\sqrt{k \cdot S^2 \cdot X})_P$ は各成分泥が単独に存在する場合の各成分泥の平均有効比表面積の部分、すなわち

$$(\sqrt{k \cdot S^2 \cdot X})_{I',P} \equiv (\sqrt{k \cdot S_D^2})_P + X' \{ (\sqrt{k \cdot S_P^2})_P - (\sqrt{k \cdot S_D^2})_P \} \quad (7')$$

ただし、 $s_P = s \cdot X / \{1 - (1 - X)s\}$ = 組成 X 、濃度 s なる混合泥漿のダークエローカオリン free の場合のピンクカオリンの濃度、

$S_D = (1 - X)s / (1 - X \cdot s)$ = ピンクカオリン free の場合のダークエローカオリンの濃度、

と可成り近似した値を与えた。なお、 $(\sqrt{k \cdot S^2 \cdot X})_{I',P}$ vs. X' は、Fig. 7' に示した如く、 $(\sqrt{k \cdot S^2 \cdot X})_P$ に比し $s = 0.2 \sim 0.3$ において -7.4~+0.6% の相違を示し、 $s = 0.1$ において最大 -10.5% の相違を示した。

(v) 泥漿組成 X によるケーキの平均比抵抗ならびに恒圧濾過係数の変化 (5) 式を用いて各 X に対応した $\alpha'_{f,s,X}$ の値を計算し、その結果の一例を $s=0.20$ なる場合について Fig. 8 に示した。Fig. 8 内には、近似式 (7') を (6) 式に適用して算出した $(\alpha'_{f,s,X})_{I'}$ の値をも付加してある。Fig. 6 より明らかな如く $\int_0^P \epsilon_X^3 / (1 - \epsilon_X) dP$ の X による変化は少ないゆえ、 P 一定なる場合 (6) 式から算出した $(k \cdot S^2 \cdot X)$ と $\alpha'_{f,s,X}$ とはほぼ比例し、したがって、 $(\sqrt{k \cdot S^2 \cdot X})_P$ vs. X' が直線関係にないゆえ、 $\alpha'_{f,s,X}$ vs. X もまた単純な関係にはない。 s 一定の場合恒圧濾過力 P の種々なる値に対応したケーキの平均比抵抗の最大値 $(\alpha'_{f,s,X})_{\max}$ を与える X の値は、Fig. 8 内に示した如く P とともにその値を変化した。なお $s \geq 0.2$ 、 $P=1000 \sim 9000$ [gr/cm²] において、 $(\alpha'_{f,s,X})_{I'}$ は $\alpha'_{f,s,X}$ に比し最大 -11.3~+6.2% 程度の相違を示した。

つぎに、 $m_{X'}$ および (5) 式から Ruth の恒圧濾過係数

Fig. 8 $\alpha'_{f,s,x}$ vs. X ($s=0.200$)

$K'_{20-f,x}$ を求め、 $K'_{20-f,x}$ vs. X の一例を Fig. 9 に示した。 $K'_{20-f,x}$ も図示した如く X と単純な比例関係は示さなかった。なお、 $s \geq 0.20$, $P=1000 \sim 9000 [\text{gr/cm}^2]$ において、 $(\alpha'_{f,s,x})_i'$ と $(m'_{f,x})_i$ を利用して算出した $(K'_{20-f,x})_i'$ は、図示した如く $K'_{20-f,x}$ に比しかなり近似した値を与え、最大 +13.4% ~ -5.7% 程度の相違を示した。

4. 結果の総括

われわれは、混合泥の汙過性状調査の第一段階として Table 1 に表示した如く、ケーキの平均比抵抗が、最大 3.3 倍程度の相違をもつ、ともに圧縮性を有する香港カオリン“ピンク”および“ダークエロー”混合泥について実験を行った。得たる実験結果を要約すれば以下の如くである。

(i) Hoffing らは、非圧縮性ケーキについての実験結果から、±10%程度の偏差を無視して、混合泥ケーキの比表面積が各成分泥の比表面積と直線の加成性にあることを認めているが、われわれの圧縮性ケーキについての実験結果によれば、空隙容積がすべて流動に関与するものと仮定して、多くの汙過実験結果と、圧縮実験の結果とを併用して求めた、混合泥ケーキの平均有効比表面積の比例値 $(\sqrt{k \cdot S^2_{f,x}})_P$ は、各成分泥の直線の加成値 $(\sqrt{k \cdot S^2_{f,x}})_{i,P}$ に比べ、Fig. 7 に示した如く、 $s=0.1 \sim 0.3$, $P=500 \sim 9000 [\text{gr/cm}^2]$ において、何れも 11.8% ~ 0.1% 程度大きい。なお、この偏差は Hoffing らのそれに比し、むしろ小さい。しかし、その結果を利用してケーキの平均比抵抗を計算すれば偏差は約 2 倍になるゆえ比表面積の調査はより厳密なるを要する。

(ii) 有効比表面積が単純な直線の加成性を示さない

Fig. 9 $K'_{20-f,x}$ vs. X
($s=0.200$, $A=51.15 \text{ cm}^2$)

ことは、空隙容積がすべて流動に関与するものと仮定して圧縮透過実験結果から算出した $k \cdot S_0^2$ の X' による変化からも認められた。

(iii) ケーキの平均比抵抗 $\alpha'_{f,s,x}$ および Ruth の恒圧汙過係数 $K'_{20-f,x}$ vs. X もまた、それぞれ曲線状となった。

(iv) この混合泥漿の $s \geq 0.2$ においては (7') 式の示す如き各成分泥が単独に存在する場合の平均有効比表面積の部分値 $(\sqrt{k \cdot S^2_{f,x}})_{i,P}$ は $(\sqrt{k \cdot S^2_{f,x}})_P$ に比しかなり近似した値を与えた。また、 $(\sqrt{k \cdot S^2_{f,x}})_{i,P}$ と、圧縮実験結果とを利用して算出した、ケーキの平均比抵抗 $(\alpha'_{f,s,x})_i'$ もまた汙過実験値 $(\alpha'_{f,s,x})$ に比し近似した値を与えた。

われわれが取扱った二成分泥の各汙過性状は Table 1 に表示した如くかなり近似しており、就中、平衡空隙率、ケーキの湿乾質量比の推定値の相違はきわめて僅少であったために、

(v) 混合泥の ϵ_X , m_X' についてそれぞれ (1) および (2) 式の直線的な比例関係が成立した。

付記：実験用汙過器を製作して頂いた株式会社名機製作所社長加治慶之助氏、実験に協力された清水洋二、岡田正治、鈴木脩訓君などに深く感謝する。

Nomenclatures

A : Filter-cloth area $[\text{cm}^2]$
 K_{20-X} : Ruth's coefficient when $t_s=20^\circ\text{C}$,
 predicted by compression permeability experiments, i. e.

$$\frac{2A^2 \cdot g_0 \cdot P(1-m_X s)}{\mu_{20} \cdot \rho \cdot s \cdot \alpha_{f,s,x}} \quad [\text{cm}^6/\text{sec}]$$

$K_{20, f, X}$: Ruth's coefficient when $t_s = 20^\circ\text{C}$.,
determined by actual const. pressure
filtration experiments [cm⁶/sec]

$K'_{20, f, X}$: Ruth's coefficient when $t_s = 20^\circ\text{C}$.,
calculated by using empirical Eq. (4')
and $m_{X'}$, i. e.

$$\frac{2A^2 \cdot g_0 \cdot P(1 - m_{X'} s)}{\mu_{20} \cdot \rho \cdot s \cdot \alpha'_{f, s, X}} \quad [\text{cm}^6/\text{sec}]$$

$$(K'_{20, f, X})_{i'} \equiv \frac{2A^2 \cdot g_0 \cdot P \{1 - (m_{X'})_{i'} s\}}{\mu_{20} \cdot \rho \cdot s \cdot (\alpha'_{f, s, X})_{i'}} \quad [\text{cm}^6/\text{sec}]$$

k : Kozeny's constant [—]

m_X : Ratio of wet cake mass to dry cake
mass predicted by compression
permeability experiments, i. e.

$$m_X = 1 + \frac{\rho \int_0^P \left\{ \frac{\epsilon_X^3}{k S_0^2 (1 - \epsilon_X)^2} - \frac{\epsilon_X^3}{k S_0^2 (1 - \epsilon_X)} \right\} dP_s}{\rho_{s, X} \int_0^P \frac{\epsilon_X^3}{k S_0^2 (1 - \epsilon_X)} dP_s} \quad [—]$$

$m_{X'}$: Ratio of wet cake mass to dry cake mass
predicted only by compression experi-
ments, assuming $k \cdot S_0^2 \equiv k \cdot S^2 = \text{const.}$, i. e.

$$m_{X'} = 1 + \frac{\rho \int_0^P \left\{ \frac{\epsilon_X^3}{(1 - \epsilon_X)^2} - \frac{\epsilon_X^3}{(1 - \epsilon_X)} \right\} dP_s}{\rho_{s, X} \int_0^P \frac{\epsilon_X^3}{(1 - \epsilon_X)} dP_s} \quad [—]$$

$(m_{X'})_i \equiv m'_0 + X(m'_1 - m'_0)$ [—]

n_X : Compressibility coefficient [—]

P : Filtration pressure [gr/cm²]

P_s : Cake pressure [gr/cm²]

P_s : Liquid pressure at depth x [cm] mea-
sured from the cake surface [gr/cm²]

S_0 : Effective specific surface area [cm⁻¹]

$S_{s, X}$: Average effective specific surface
area, defined by Eq. (6) [cm⁻¹]

s : Slurry concentration in
gm solid/gm slurry [—]

$s_P \equiv \frac{s \cdot X}{1 - (1 - X)_s}$ = Slurry concentration of
Dark Yellow Kaolin free slurry [—]

$s_D \equiv \frac{(1 - X)_s}{1 - X \cdot s}$ = Slurry concentration of
Pink Kaolin free slurry [—]

t_s : Temperature of filtrate [°C.]

V : Volume of filtrate at time θ [cm³]

X : Mass fraction of Pink Kaolin to

total solids [—]

X' : Volume fraction of Pink Kaolin
to total solids [—]

$\alpha_{0, X}$: Term in empirical Eq. (4) [cm/gm]

$\alpha_{s, X}$: Average specific resistance of cake
predicted by compression permeability
experiments, i. e.

$$\alpha_{s, X} = \frac{P}{\rho_{s, X} \int_0^P \frac{\epsilon_X^3}{k S_0^2 (1 - \epsilon_X)} dP_s} \quad [\text{cm/gm}]$$

$\alpha'_{f, s, X}$: Average specific resistance of cake
obtained from actual const. pressure
filtration experiments or calculated
from Eq. (5), i. e.

$$\alpha'_{f, s, X} = \frac{2A^2 \cdot g_0 \cdot P(1 - m_{X'} s)}{\mu_{20} \cdot \rho \cdot s \cdot K_{20, f, X}} \quad [\text{cm/gm}]$$

$$(\alpha'_{f, s, X})_{i'} \equiv \frac{(k \cdot S_{s, X}^2)_{i'} \cdot P \cdot P}{\rho_{s, X} \int_0^P \frac{\epsilon_X^3}{(1 - \epsilon_X)} dP_s} \quad [\text{cm/gm}]$$

ϵ_X : Equilibrium porosity at P_s [—]

$(\epsilon_X)_i \equiv \epsilon_0 + X'(\epsilon_1 - \epsilon_0)$ [—]

g_0 : Conversion factor of the standard
acceleration of gravity, i. e. 980
[dynes/gr]

μ_{20} : Viscosity of water at $t_s = 20^\circ\text{C}$. [Poise]

ρ : Density of water [gm/cm³]

$\rho_{s, X}$: Density of cake solid [gm/cm³]

θ : Time [sec]

ϕ_X : Term in Eq. (4) [—]

Subscripts

0: $X=0$, i. e. Dark Yellow Kaolin

1: $X=1$, i. e. Pink Kaolin

X : Mass fraction X of Pink Kaolin
to total solids

20: Values when $t_s = 20^\circ\text{C}$.

f : Filtration results

Literatures cited

- Grace, H. P.: *Chem. Eng. Progress*, 49, 303 (1953)
- Hoffing, E. H. & Lockhart, F. J.: *Chem. Eng. Progress*, 47, 1 (1951)
- Shirato, M. & Okamura, S.: *Chem. Eng. (Japan)* 23, 11 (1959)
- Tiller, F. M.: *Chem. Eng. Progress*, 49, 467 (1953)

Behaviours of Slurry Mixtures at Constant-Pressure Filtration (Slurry Mixtures of Hongkong Kaolins, "Pink" and "Dark Yellow")

Mompei Shirato* and Sakio Okamura*

The filtration behaviours of the slurry mixtures consisting of two components with known filtration characteristics, i. e., Hongkong Kaolins "Pink" and "Dark-Yellow," were investigated.

The equilibrium porosities ϵ_X , mass ratios of wet cake to dry cake m_X' , average specific resistances of cakes $\alpha'_{f,s,X}$, average effective specific surface areas $S_{s,X}$ and Ruth's coefficients $K'_{20-f,X}$ of the slurry mixtures were studied in order to correlate them with those of the pure components.

The characteristics of the two constituents are shown in Table 1 as well as in our former report²⁾. Brief summaries of the results are as follows :

(i) Average effective specific surface areas calculated from Eq. (6) were found to be not additive, on the volume basis, as shown in Fig. 7. In this case, $(\sqrt{k \cdot S_{s,X}^2})_P$ was always larger than $(\sqrt{k \cdot S_{s,X}^2})_{I,P}$ by about 11.8~0.1%, when the range for $s=0.1\sim0.3$ and $P=500\sim9000$ [gr/cm²].

(ii) The same tendency as in (i) was noticed of the results of permeability experiments as revealed in Fig. 3.

(iii) Average specific resistance, $\alpha'_{f,s,X}$ and $K'_{20-f,X}$ vs. X were rather complicated as shown in Figs. 8 and 9, respectively.

(iv) $(\sqrt{k \cdot S_{s,X}^2})_P$ was nearly equal to $(\sqrt{k \cdot S_{s,X}^2})_{I,P}$ when the range of $s \geq 0.2$ and $P=1000\sim9000$ [gr/cm²]. The difference between them was less than 7.4%.

(v) Due to the fact that the equilibrium porosities and mass ratios of wet cake to dry cake of each component were approximately equal, as shown in Table 1, the equilibrium porosity ϵ_X showed a linear relation against X' as represented by Eq. (1) and Fig. 2. Also m_X vs. X was linear as represented by Eq. (2).

* Department of Chemical Engineering, Nagoya University, Chikusa, Nagoya

" μ /Lightnin® Mixers" μ

N. Y. 州の西北隅, Lake Ontario に面し, Niagara Falls で有名な Buffalo から飛行機で約 15 分のところに空気の澄んだ明るい都市 Rochester があり, ここには有名な Kodak の大工場などにまじってこじんまりとした Mixing Equipment Co. がある。

その機械工作工場では大小さまざまな standard flat blade turbine, marine propeller, stabilizer ring をつけた turbine などの攪拌羽根が旋盤にかかり, 攪拌軸, 電動機と組合わされそれぞれ " μ /Lightnin® Mixers" μ の商標で出荷されている。ここの研究部には攪拌羽根の偏心, 振動試験をする係および攪拌の所要動力を測定する係などがあり, 所要動力は 100 l 位までの小型攪拌槽については電動機の固定子

側に生ずる反作用のトルクをスプリングでうけ (Chem. Eng. Progress 46, 395 (1950)) を測定している。また, これより大型の攪拌槽では Ni を用いた strain gage 応用の振り動力計を用い自記記録装置を併用している。これらの係は主として顧客側の要求する使用条件に合わせてデータを取り設計部に設計資料を提供している。

戸外には直径約 40 m, 高さ約 13 m の巨大な攪拌槽を設備し side entering propeller を用いて水をかきまわし攪拌機の耐久試験を実施していたが, さらに, 向流, 攪拌式の液-液抽出実験装置が新設され, Kerosine-H₂O 系の実験をおこなうところであった。

1957 年 8 月のことである。

(S. A.)