

鑄物砂微粒子配合の研究

西原初馬*

RESEARCH ON BLENDING OF VERY FINE PARTICLES
IN THE MOULDING SAND

Hatuma Nishihara

Synopsis: It was investigated, how much effect have the very fine particles on the quality of moulding sand by means of such method that the four very final particles are blended in the moulding sand and the permeability and strength of the sand were studied.

The result showed that in the relation of the permeability and the strength, it is important that in case the permeability is maximum, the strength is the highest.

I. 緒言

鑄物砂の良否が鑄物の良否を決定する事は既に周知の事実であるが普通の鑄物砂は珪砂の砂粒と微粒子の配合されたるものと言つても過言ではないと思う。此の微粒子中には粘土或は珪砂の粉末が混入しているものである。此の微粒子配合が鑄物砂の強度、通氣性等に非常に影響を及ぼしている。即ち微粒子の量、大きさにより鑄物砂を或る程度改善出来ると考えられる。鑄物に於ても鑄肌の良い鑄物を作る上に生型鑄物或は銅鑄物に於ては塗料の施さない鑄型が良いと言う事は筆者の前報告に於て強調した所であるが此の良好な鑄肌を鑄物製作に於ても我々は砂粒を出来るだけ小にする事により型の組立に於ける大砂粒の湯中への混入を防ぎ得るものである。此の點に於て微粒子配合が考えられなければならないと思う。

II. 實驗方針

鑄物として重要な事は鑄造に必要な通氣度強度を其の含水量により最大にする事であるが、我々は現在迄の知り得る範圍に於ては通氣性と強度とを別個に最大ならしめるべく努力して來た感がある。然しながら實際の現場作業に於て特に必要であるのは通氣性と強度の關係であると思う。即ち通氣性の最大なる時に強度も最大である如き鑄物砂の選擇こそ必要な條件である。此の觀點に立つて次の順に實驗を進めて行く事にする。

1. 砂粒の大きさの一定なものを取り大粒より小粒迄に亘つて取り粘結劑として木節粘土を用いこれに微粒子として人工的に微細化されたる珪砂粉を配合し其の性質

を研究した。

2. 1. は粘結劑の外に微粒子が別々に添加されたるものであるが次は木節粘土のみを微粒子として大粒のものより小粒のものに配合して其の性質を調査し砂粒の大ききさにつき考えた。

3. 砂粒の大ききを一定にしこれに微粒子の種類を變化し微粒子の種類により性質が如何に變化するかを調べた。

4. 微粒子の個々の性質を明かにした。

以上の段階にて實驗を進める事にする。此の實驗に用いた微粒子の分析表は第1表に示す。

第1表

名稱	成分%					
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	Fe ₂ O ₃	Igloss
珪砂粉	88.22	2.76	3.48	0.22	3.92	1.23
勝間粘土	64.42	17.60	1.53	1.09	4.21	8.49
木節粘土	57.48	23.82	1.02	0.58	2.47	13.55
ベントナイト	54.66	19.20	6.48	1.81	6.54	10.96

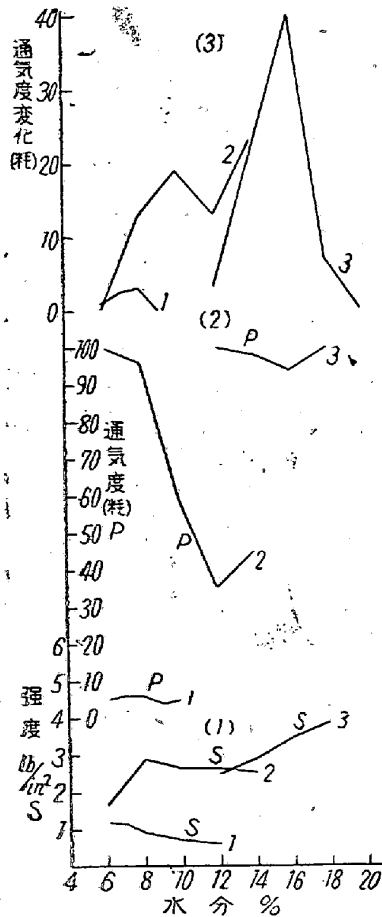
III. 實驗結果

§ 1. 各粒子と微粒子配合の性質

鑄物砂はくりかえし使用している内に通氣度強度が悪くなつて行くものであるがこれは鑄物砂中の砂粒が微細化される事に原因しているものであるが其の性質の變化を見る爲に粒子の大ききを +30 ヲツシュ (M)+40, +50, +70, +100, +200 M と變化しそれに粘結劑とし

* 四國構械工業株式會社

て木節粘土を15%配合し微粒子として珪砂粉を0% 17% 35%を配合して其の水分変化による性質を第1, 2, 3, 4, 5, 6圖に示す。夫々の圖に於て(1)は水分変化による濕態強度にて剪斷力 (lb/in²) を示す。以下強度はすべて剪斷力にて表わす事にする。(2)は通氣度の變化(3)は三回搗固めた通氣性より一回搗固めた通氣性を差引いたものにて通氣性の變化である。



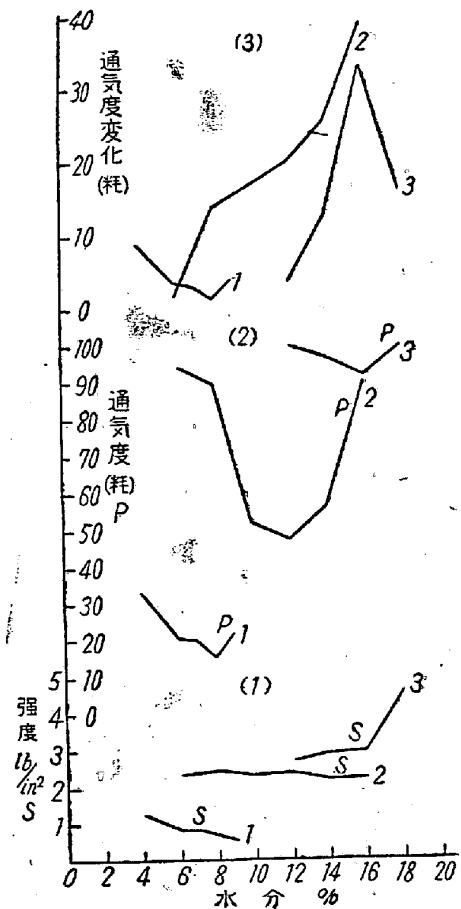
第1圖 30M

- 1. 木節粘土 15% 珪石粉 0%
- 2. " " 15% " " 17%
- 3. " " 15% " " 35%

1. 強度

各粒子とも水分の増加と共に強度を増し或る水分の所にて最大値を示しそれ以後は水分の増加と共に強度は弱くなつてゐる。そして微粒子を配合しないものと17%配合したものとを比較すると其の最大値を示す點が2~4%相違しているが微粒子が35%になると17%と35%とでは最大値を示す點が大きく差が有る。

この事は各粒子に於て微粒子の配合と共に強度が増加している事より微粒子が多くなると此の微粒子が粘結劑の役割をなし水の増加と共に固體、半固體、塑性體、流體としての性質を示すようになる。微粒子35%の配合



第2圖 40M

- 1. 木節粘土 15% 珪石粉 0%
- 2. " " 15% " " 17%
- 3. " " 15% " " 35%

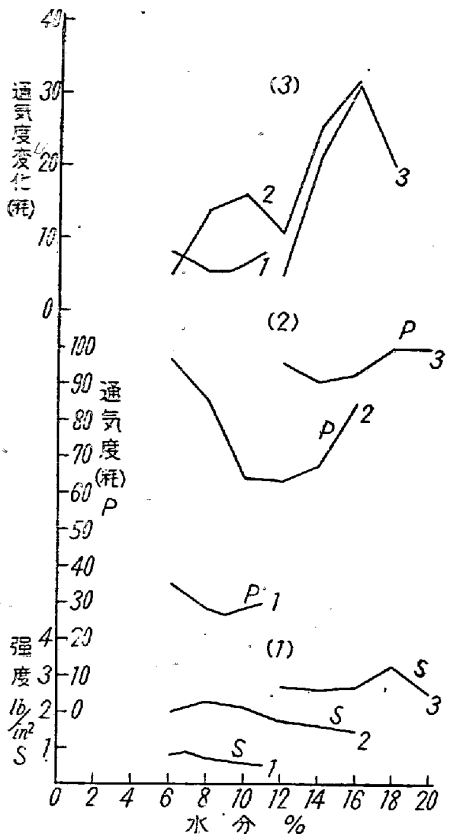
は最初に加えていた木節粘土の15%と共に強度の最大を示す點は塑性體より流動體への變化點であると思ふ。微粒子の増加と共に其の極大の強度は漸時増加するが微粒子のみとなると第13圖の(4)(圖省略)の最高強度に於て示す如く強度は幾分低下している。これは各粒子とも微粒子の配合と共に強度は徐々に増し或配合に於て極大を示し後弱くなる。そして砂粒が小となる程此の極大値が徐々に低下する。これは吉田氏の實驗に於ても述べられている。

2. 通氣性

水分の増加と共に通氣は徐々に大となり、ある水分値に於て極大を示しそれ以後は再び悪くなる。そして大粒子と微粒子との配合に於ても強度の場合と同様に、ある配合に於て極小を示すようになる。

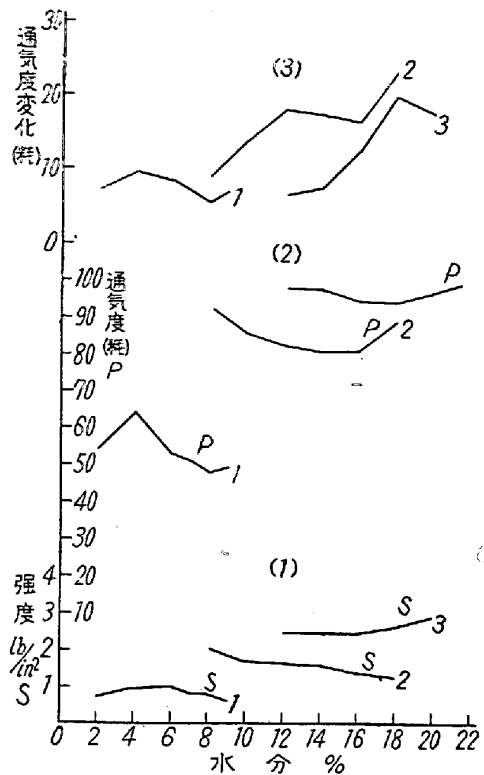
3. 通氣度變化

微粒子の配合が17%迄は通氣の最大の所に於て通氣度の變化が少し小さくなりそれ以後は増加し再び或る水分の所にて低下する。然し35%になると通氣の極大の



第3圖 50M

- 1. 木節粘土 15% 矽石粉 0%
- 2. " " 15% " " 17%
- 3. " " 15% " " 35%



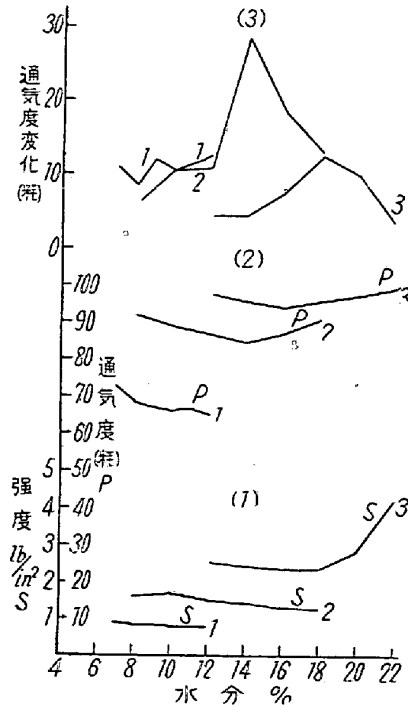
第4圖 70M

- 1. 木節粘土 15% 矽石粉 0%
- 2. " " 15% " " 17%
- 3. " " 15% " " 35%

時通氣度變化が大となりそれ以後は低下する。粒子が小さくなると 17% のものに於ても此の傾向が生ずる。これは上に於ても述べたように塑性體より流動狀態に變化する點を考えるならば 35% の通氣度變化の極大値は流動えの變化點と考えられる。そして微粒子が 17% 以上になると大粒子としての性質よりも微粒子としての性質が顯著になつて来る。以上の性質より通氣性を害するものとして微粒子を除去する事が考えられていたが、微粒子を使用することにより強度を増加する事が出来る事通氣に於ても或る程度はもたしめ得る事を知り得たのであるが、これは通氣性と強度の關係に於てのみ意味があるので夫々の砂粒に於て此の兩者の關係を見ると、17% 迄は強度の最大値が通氣度の最大値の左側にあるが、35% に於ては此の關係は逆になる。これは微粒子の量を増す事により、強度も大であり通氣度も大である水分を決定する事は可能であると思ふ。

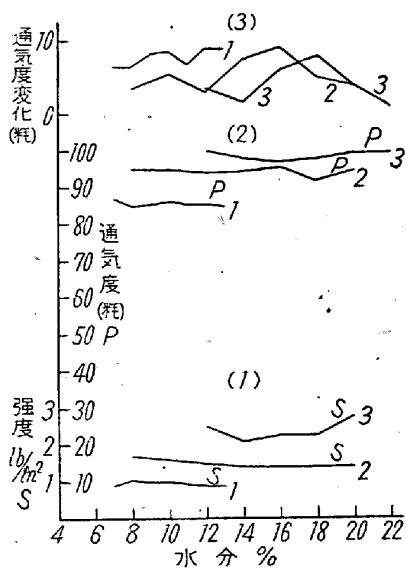
2. 粒子の大きさと微粒子

砂粒を 20M, 40M, 70M を取り木節粘土を 15%, 30%, 45% 配合し其の水分による性質を調べると第 7, 8, 9 圖の如くなる。強度と通氣度との關係を見ると 30



第5圖 100M

- 1. 木節粘土 15% 矽石粉 0%
- 2. " " 15% " " 17%
- 3. " " 15% " " 35%



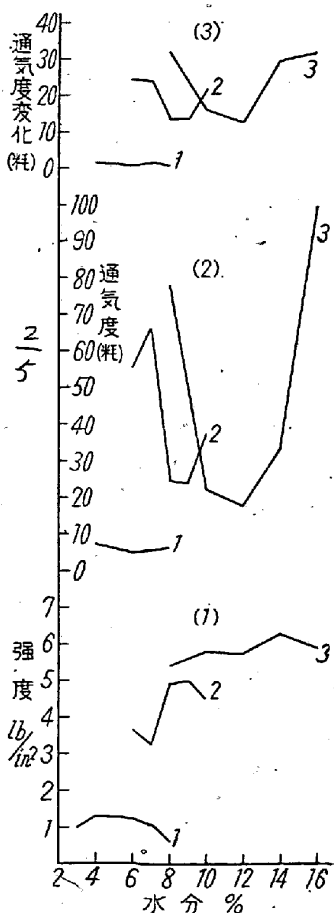
第6圖 200M

- 1. 木節粘土 15% 矽石粉 0%
- 2. " " 15% " " 17%
- 3. " " 15% " " 35%

%迄は通気度の最大値の左側に強度の最大値があるが、45% 配合になると逆の関係となる。然しながら 45%配合の強度を見ると極大値が二個所に存在しているのが解り、水分の少ない方の極大値は通気度の極大値の左側に後者の方は右側にある。尙砂粒の大きな程強度の極大値は通気度の極大値の右側に來る傾向が認められる。これは各粒子の單位表面積當りの微粒子が多い爲と思われる。

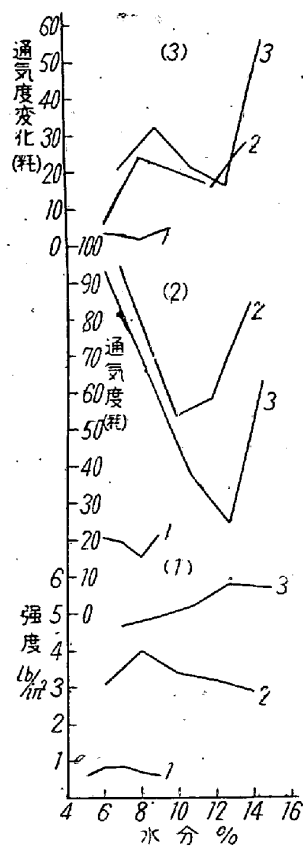
各粒子につき搗固度による性質を搗固回数を1回より8回迄變化したものを第2, 3, 4表に示す。各表に於て(1)は15% (2)は30% (3)は45% 配合のものである。

搗固により強度の増加する割合は微粒子が多くなると共に大となり、砂粒が小さくなると共に其の割合が小となるが微粒子のみとなると再び大となる。これは微粒子のみの場合に於ては大粒子に微粒子が配合されたる状態を呈するものと思う。通気度は搗固の増加と共に其の極大値が低水分値に近づく傾向がある。



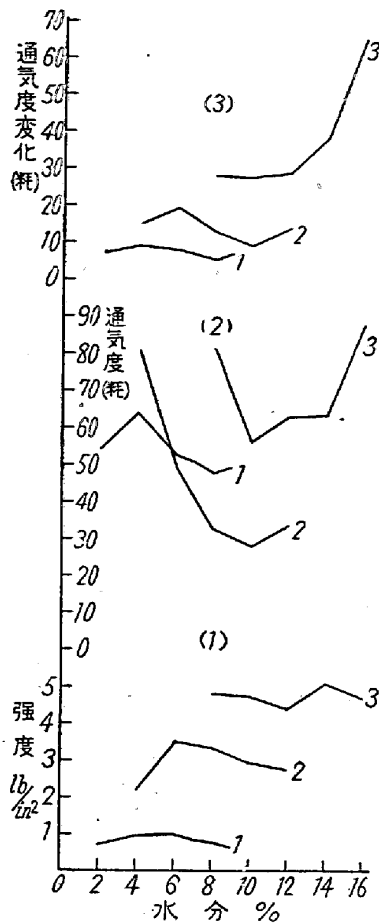
第7圖 20M+ 木節粘土

- 1. 木節粘土 15%
- 2. " " 30%
- 3. " " 45%



第8圖 40M+ 木節粘土

- 1. 木節粘土 15%
- 2. " " 30%
- 3. " " 45%



第9圖 70M+粘土 (木節粘土)

- 1. 木節粘土 15%
- 2. " " 30%
- 3. " " 45%

第2表(1) 20M+粘土 15%

水分%	搗固度 性質	搗固度							
		1	2	3	4	5	6	7	8
4	通氣度	6.0	6.5	7.8	8.8	9.5	11.0	11.8	16.0
	強度	1.00	1.20	1.35	1.55	1.65	1.80	2.35	2.20
6	"	3.8	4.5	5.3	5.8	6.0	6.8	7.5	8.3
	"	0.80	1.10	1.25	1.40	1.50	1.70	1.90	2.20
7	"	4.0	5.0	5.8	6.0	6.5	7.0	7.5	8.3
	"	0.80	0.95	1.05	1.20	1.35	1.55	1.70	1.70
8	"	4.5	5.5	6.0	6.5	7.0	7.5	7.5	8.5
	"	0.40	0.50	0.60	0.70	0.80	0.90	1.00	1.10

第2表(2) 20M+粘土 30%

水分%	搗固度 性質	搗固度							
		1	2	3	4	5	6	7	8
6	通氣度	31.5	45.5	56.0	66.5	71.5	76.0	77.0	80.5
	強度	1.95	3.10	3.70	3.75	5.05	5.85	6.40	6.65
7	"	42.0	57.0	66.0	73.0	75.5	78.5	83.5	83.5
	"	1.80	3.30	3.30	4.25	5.25	5.40	5.25	6.05
8	"	11.0	18.0	24.5	32.0	37.4	41.0	44.5	50.0
	"	2.70	3.85	4.90	5.45	6.45	7.20	7.10	8.00
9	"	10.5	18.0	24.0	28.0	32.5	37.5	40.0	45.5
	"	2.85	4.15	5.05	5.65	6.30	6.85	6.80	7.75
10	"	15.5	25.0	37.5	45.5	54.5	58.0	63.5	69.0
	"	2.75	3.50	4.45	5.25	5.60	6.55	7.00	7.50

第2表(3) 20M+45% 粘土

水分%	搗固度 性質	搗固度							
		1	2	3	4	5	6	7	8
8	通氣度	46.0	66.5	78.0	85.0	89.0	91.0	92.5	94.0
	強度	2.25	4.00	5.40	7.00	6.80	7.90	9.10	9.30
10	"	6.0	12.0	22.0	26.5	37.5	45.5	53.5	55.5
	"	2.95	4.35	5.80	6.50	7.55	7.90	9.10	9.95
12	"	5.0	10.0	18.0	24.5	32.0	37.5	43.5	54.0
	"	3.15	4.65	5.75	6.80	7.50	8.15	9.15	10.15
14	"	4.0	16.5	33.5	56.8	58.8	59.3	100.0	100.0
	"	3.70	5.15	6.30	7.60	8.15	8.25	9.95	10.90
16	"	68.0	99.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
	"	3.90	4.90	5.90	6.90	7.60	8.60	6.50	6.90

第3表(1) 40M+粘土 15%

水分%	搗固度 性質	搗固度							
		1	2	3	4	5	6	7	8
6	通氣度	17.0	19.0	20.5	22.0	23.0	24.0	25.0	27.0
	強度	0.55	0.65	0.85	1.20	1.25	1.35	1.60	1.95
7	"	16.5	18.0	19.5	20.0	20.5	21.5	23.0	23.5
	"	0.65	0.80	0.85	1.15	1.25	1.30	1.50	1.65
8	"	14.0	15.0	15.5	18.5	21.0	22.0	23.0	24.0
	"	0.40	0.55	0.70	0.80	0.90	1.05	1.20	1.25

9	通氣度	18.0	21.0	22.0	23.0	24.0	25.0	26.0	27.0
	強度	0.300	0.400	0.600	0.600	0.600	0.900	0.80	0.80

第3表(2) 40M+粘土 30%

水分%	搗固度 性質	1	2	3	4	5	6	7	8	
		6	通氣度	87.0	92.0	93.5	94.5	96.0	96.5	95.5
	強度	1.75	2.50	3.05	3.65	4.10	4.45	4.65	5.65	
8	"	46.5	62.0	70.5	76.5	83.5	84.5	87.5	88.0	
	"	1.85	3.15	3.95	4.50	5.30	6.10	6.50	6.60	
10	"	34.0	48.0	54.0	60.0	56.4	56.7	0.72	5.73	5.73
	"	1.80	2.95	3.40	4.30	4.80	5.75	6.50	6.75	
12	"	42.5	55.0	58.5	66.0	76.5	80.5	85.5	88.0	
	"	1.65	2.75	3.25	4.00	4.50	5.00	5.70	6.15	
14	"	57.0	77.0	85.5	91.0	93.5	95.0	96.0	99.0	
	"	1.65	2.40	2.90	3.70	4.00	4.70	5.05	5.70	

第3表(3) 40M+粘土 45%

水分%	搗固度 性質	1	2	3	4	5	6	7	8
		6.8	通氣度	74.0	87.0	94.5	96.5	98.5	99.0
	強度	2.40	3.50	4.65	5.75	7.30	8.20	8.25	8.75
8.8	"	29.0	46.0	61.0	70.5	78.0	83.5	88.5	90.5
	"	2.75	3.90	4.90	5.80	6.80	7.55	7.80	8.95
10.8	"	17.0	32.0	38.0	47.5	56.0	63.5	71.0	74.5
	"	2.60	4.15	5.20	6.35	6.85	8.05	8.65	9.60
12.8	"	8.0	17.5	24.5	36.0	46.0	59.0	69.0	71.0
	"	2.85	4.40	5.75	6.80	7.75	8.40	9.15	10.0
14.8	"	11.5	49.0	68.0	88.0	99.0	100.0	100.0	100.0
	"	3.25	4.75	5.70	6.65	7.50	7.85	8.55	8.80

第4表(1) 70M+15% 粘土

水分%	搗固度 性質	1	2	3	4	5	6	7	8
		2	通氣度	47.0	50.0	54.0	64.0	66.0	68.0
	強度	0.500	0.600	0.701	0.001	2.01	1.00	0.80	1.10
4	"	54.5	60.0	64.0	66.0	69.0	70.0	72.0	74.0
	"	0.600	0.900	0.951	1.201	1.301	1.401	1.50	1.60

6	"	44.5	50.5	53.0	54.5	56.5	57.5	63.0	64.0
	"	0.600	0.751	1.001	1.101	1.201	1.351	1.50	1.55
7	"	44.0	48.5	51.0	53.5	56.0	57.5	58.5	60.0
	"	0.600	0.700	0.850	0.951	1.151	1.251	1.45	1.50
8	"	42.5	46.0	48.0	50.5	52.5	54.0	55.5	58.5
	"	0.650	0.700	0.800	0.901	1.051	1.201	1.20	1.35
9	"	42.5	47.5	49.5	53.0	54.0	56.0	59.0	61.0
	"	0.550	0.650	0.650	0.750	0.801	1.001	1.00	1.20

第4表(2) 70M+粘土 30%

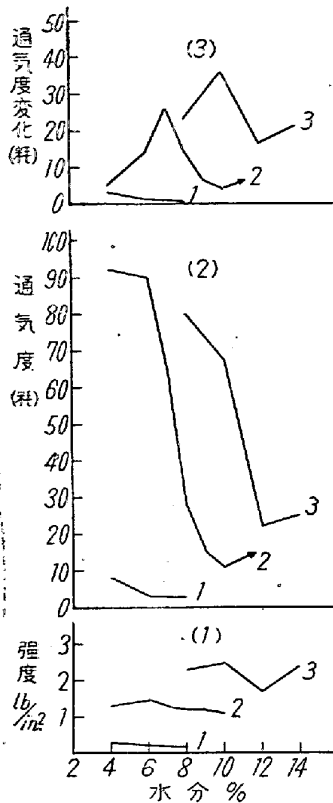
水分%	搗固度 性質	1	2	3	4	5	6	7	8
		4	通氣度	66.0	75.0	81.0	84.0	90.0	91.0
	強度	1.20	2.30	2.20	2.60	2.30	2.90	2.70	2.70
6	"	30.0	40.5	49.0	56.5	63.5	70.5	74.0	77.5
	"	1.95	2.75	3.50	3.80	4.30	4.70	5.00	5.60
8	"	20.0	27.0	32.5	37.0	40.4	43.0	46.5	48.0
	"	1.70	2.75	3.35	3.95	4.75	5.55	6.15	6.55
10	"	19.0	25.5	28.0	32.0	35.5	38.0	38.5	40.0
	"	1.55	2.35	2.95	3.80	3.90	4.80	5.05	5.60
12	"	19.0	28.0	33.5	37.0	41.0	42.5	45.5	4.80
	"	1.45	2.25	2.75	3.20	3.75	4.35	4.80	5.30

第4表(3) 70M±粘土 45%

水分%	搗固度 性質	1	2	3	4	5	6	7	8
		8	通氣度	54.0	75.0	82.0	87.5	90.0	92.5
	強度	2.15	3.05	4.80	5.50	6.70	7.00	7.25	9.00
10	"	28.5	44.0	56.0	62.0	72.5	74.5	81.5	84.0
	"	2.50	3.70	4.75	5.40	6.15	7.10	8.05	8.10
12	"	34.0	56.0	63.0	72.0	76.0	80.0	85.5	85.5
	"	2.65	3.45	4.40	5.15	6.60	6.80	7.75	8.75
14	"	24.5	52.5	63.5	77.0	87.5	93.0	98.0	100.0
	"	2.75	3.55	5.10	5.80	6.65	7.45	8.75	9.25
16	"	23.0	68.0	88.5	99.5	100.0	100.0	100.0	100.0
	"	2.85	4.15	4.65	5.80	6.90	7.55	8.50	8.70

3. 各微粒子配合の性質

第1表に示す如き成分の矽砂粉、木節粘土、勝間粘土、ベントナイトの四種につき砂粒の大きさを 20M として夫々微粒子を 15, 30, 45% 配合して其の性質を第 7, 10, 11, 12 圖 (第 11, 12 圖は紙面の都合により省略) 並に搗固回数による性質を第 5, 6, 7 表に示す。



第 10 圖 20M+矽石粉
1. 矽石粉 15%
2. " " 30%
3. " " 45%

第 5 表 (1) 20M+矽石粉 15%

水分%	搗固度 性質	搗固度							
		1	2	3	4	5	6	7	8
4	通氣度	5.0	7.0	8.0	11.0	13.0	15.0	18.0	22.0
	強度	—	—	0.30	—	—	—	—	—
6	"	2.0	3.0	3.0	3.5	4.0	4.0	4.5	5.0
	"	—	—	0.20	—	—	—	—	—
7	"	2.0	2.5	3.0	3.0	3.5	3.5	4.0	4.0
	"	—	—	0.15	—	—	—	—	—
8	"	2.5	2.5	3.0	3.0	3.5	4.0	4.0	4.0
	"	—	—	0.15	—	—	—	—	—

第 5 表 (2) 20M+矽石粉 30%

水分%	搗固度 性質	搗固度							
		1	2	3	4	5	6	7	8
4	通氣度	87.0	89.0	92.0	93.0	93.0	94.0	95.0	96.0
	強度	0.80	1.20	1.30	1.40	1.60	1.70	1.70	2.50
6	"	76.0	86.0	90.0	93.0	92.0	93.5	93.5	94.0
	"	0.95	1.30	1.45	1.65	1.90	1.90	2.30	2.80
7	"	38.5	53.0	64.5	73.0	79.0	83.5	86.0	89.0
	"	1.10	1.30	1.30	1.60	1.70	2.00	1.80	2.30
8	"	14.0	17.5	28.0	36.5	45.5	57.5	67.5	74.0
	"	0.80	1.25	1.25	1.45	1.60	1.70	1.85	2.30
9	"	9.0	13.0	15.0	18.0	20.5	24.5	29.5	35.0
	"	0.80	0.90	1.20	1.25	1.25	1.45	1.60	1.65
10	"	7.0	11.0	11.0	15.0	15.0	17.0	18.0	21.0
	"	0.80	0.80	1.10	1.30	1.30	1.40	1.40	1.70
12	"	流動状態							
	"	流動状態							

第 5 表 (3) 20M+矽石粉 45%

水分%	搗固度 性質	搗固度							
		1	2	3	4	5	6	7	8
8	通氣度	57.5	75.5	80.5	84.5	89.5	92.0	95.0	93.0
	強度	1.40	1.70	2.30	2.60	3.00	3.20	2.95	3.65
10	"	32.5	55.0	67.5	76.0	83.0	85.0	87.0	89.0
	"	1.45	1.85	2.35	2.40	2.90	3.15	3.35	3.90
12	"	6.5	14.0	22.0	32.0	46.5	57.0	59.5	69.0
	"	1.25	1.55	1.70	2.10	2.45	2.40	2.80	2.75
14	"	4.0	9.0	2.50	2.40	23.0	62.0	72.0	70.0
	"	1.60	2.40	2.40	2.40	2.60	2.80	3.20	3.20

第 6 表 (1) 20M+勝間粘土 15%

水分%	搗固度 性質	搗固度							
		1	2	3	4	5	6	7	8
2	通氣度	11.0	13.0	15.0	16.0	19.0	20.0	22.0	24.0
	強度	—	—	—	—	—	—	—	—
3	"	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5	6.5	7.0
	"	0.80	1.20	1.30	1.30	1.40	1.50	1.50	1.60

4	〃	2.5	2.8	3.5	3.8	4.5	4.5	5.0	5.5
	〃	1.00	1.20	1.30	1.60	1.70	1.75	1.95	1.80
6	〃	2.5	3.0	3.5	3.5	3.5	4.0	4.5	4.5
	〃	0.70	0.70	0.70	0.80	0.80	1.00	1.10	1.20

第6表(2) 20M+勝間粘土 30%

水分%	搗固度 性質	1	2	3	4	5	6	7	8
		6	通氣度	13.3	18.0	21.0	24.5	27.0	30.5
	強度	2.00	2.50	3.65	4.25	4.50	4.75	5.65	5.75
7	〃	5.0	9.0	12.0	14.5	16.3	18.5	20.5	23.5
	〃	2.60	3.50	4.35	5.40	6.05	6.45	6.80	7.20
8	〃	4.8	7.5	13.0	20.5	23.5	31.0	33.0	37.0
	〃	2.50	3.50	3.95	4.70	5.1.5	6.05	6.95	6.60
9	〃	10.5	17.5	25.0	27.5	34.5	41.0	48.5	50.5
	〃	2.25	3.20	3.45	4.20	5.00	5.30	5.75	6.30
10	〃	17.0	28.0	40.0	47.0	54.0	64.0	71.0	75.0
	〃	2.30	2.70	3.20	3.70	4.00	4.80	4.90	5.30

第6表(3) 20M+勝間粘土 45%

水分%	搗固度 性質	1	2	3	4	5	6	7	8
		8	通氣度	1.5	3.0	4.5	6.0	9.5	11.0
	強度	2.75	3.65	5.15	5.80	7.00	7.20	8.60	8.55
10	〃	1.0	2.0	4.5	5.8	9.5	15.0	16.0	17.5
	〃	3.70	5.35	6.25	7.20	7.95	8.65	8.85	9.70
12	〃	5.0	6.7	9.7	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0
	〃	4.50	5.20	6.30	6.60	7.30	7.50	7.80	8.00

第7表(1)

20M+粘土 (ベントナイト) 15%

水分%	搗固度 性質	1	2	3	4	5	6	7	8
		3	通氣度	2.5	3.5	3.5	4.0	4.5	5.0
	強度	0.70	0.80	1.05	1.20	1.40	1.45	1.45	1.60
4	〃	2.3	2.5	3.0	3.5	3.8	4.0	4.5	4.8
	〃	1.20	1.25	1.50	1.65	1.85	2.30	2.40	2.65

6	〃	1.8	2.5	3.0	3.5	3.8	4.3	4.5	4.8
	〃	1.20	1.40	1.45	1.95	2.25	2.10	2.45	2.90
7	〃	2.0	3.0	3.5	4.5	4.5	5.0	5.5	5.8
	〃	1.20	1.40	1.55	1.70	1.70	2.25	2.35	2.50
8	〃	3.0	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0	6.0	6.5
	〃	1.10	1.30	1.60	1.70	2.10	2.00	2.30	2.30

第7表(2)

20M+粘土 (ベントナイト) 30%

水分%	搗固度 性質	1	2	3	4	5	6	7	8
		6	通氣度	4.5	7.5	8.5	10.5	12.5	13.3
	強度	2.00	3.25	3.90	4.50	5.50	5.80	6.30	6.40
7	〃	4.3	5.8	6.8	8.8	9.8	11.8	13.0	14.3
	〃	2.40	3.55	4.60	5.40	5.65	7.00	7.35	7.70
8	〃	5.0	8.3	9.8	11.3	13.0	14.8	16.5	18.3
	〃	3.00	3.90	4.75	5.70	6.40	6.70	7.50	7.75
9	〃	5.0	7.3	10.3	13.0	14.5	17.3	17.8	20.0
	〃	3.25	4.30	4.95	5.75	6.35	6.95	7.70	7.60
10	〃	6.5	11.3	14.8	16.5	19.3	21.3	23.0	23.5
	〃	2.95	4.30	5.55	5.60	6.55	7.55	7.70	8.20
12	〃	9.0	17.0	24.5	31.0	37.0	38.5	45.0	49.0
	〃	3.60	4.30	5.50	6.30	6.90	7.10	7.80	8.30
14	〃	8.0	17.5	34.2	42.0	60.0	63.0	72.0	78.0
	〃	3.60	4.40	5.40	6.10	7.30	7.80	8.60	8.60
16	〃	33.0	71.0	85.0	89.0	90.0	90.0	91.0	91.5
	〃	3.30	4.30	5.60	6.10	7.10	7.50	7.80	8.70

第7表(3)

20M+粘土 45% (ベントナイト)

水分%	搗固度 性質	1	2	3	4	5	6	7	8
		6	通氣度	18.8	26.0	37.0	45.0	54.0	61.5
	強度	2.25	3.65	4.55	4.90	5.60	7.45	7.90	8.15
8	〃	5.0	9.8	13.0	17.8	23.3	27.0	30.3	34.3
	〃	2.80	4.55	5.60	6.65	7.80	9.10	8.90	10.40

10	〃	5.3 11.5 17.5 21.0 26.8 38.0 38.0 42.0
	〃	3.7 0.4 6.5 6.7 5.7 6.0 9.0 5.9 3.5 10.8 5 11.3 0
12	〃	7.8 15.3 26.5 41.5 51.3 62.0 67.0 76.0
	〃	3.8 0.4 7.5 6.8 5.8 1.0 9.3 0.9 8.5 11.1 0 11.7 5
16	〃	61.0 90.0 93.0 95.0 95.0 95.0 95.0 95.0
	〃	4.5 0.5 5.0 6.2 0.7 6.0 7.6 0.8 3.0 8.3 0 9.5 0

28	〃	28.5 92.0 99.0 100.0 100.0
	〃	3.3 0 4.6 0 6.2 0 7.0 5 7.8 0
32	〃	87.0 100.0 100.0 100.0 100.0
	〃	3.1 5 3.9 0 4.2 0 4.5 0 5.1 0

第8表(2) 勝間粘土

水分%	搗固度 性質	搗固度							
		1	2	3	4	5	6	7	8
16	通氣度	63.0	83.5	89.5	93.5	96.0	97.0	98.5	99.0
	強度	2.4	4.1	5.2	5.5	6.7	7.5	8.3	8.6
18	〃	22.0	48.0	62.0	78.0	84.5	91.5	92.5	96.5
	〃	2.8	4.3	5.5	6.3	7.7	8.5	9.1	9.6
20	〃	11.0	27.5	50.0	68.0	84.0	92.0	96.0	98.0
	〃	3.3	4.5	5.8	6.2	7.8	8.5	9.4	10.3
22	〃	6.5	45.0	84.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
	〃	3.9	5.3	6.6	10.6	9.5	7.4	8.3	8.9
24	〃	21.0	41.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
	〃	3.9	3.9	5.3	5.5	6.5	6.5	9.5	5.9

第8表(3) ベントナイト

水分%	搗固度 性質	搗固度							
		1	2	3	4	5	6	7	8
12	通氣度	45.5	66.5	69.5	75.5	75.5	79.5	78.5	81.5
	強度	3.2	5.0	5.6	10.7	5.5	8.6	9.4	11.4
16	〃	9.0	23.5	28.0	37.5	38.0	44.5	59.5	66.5
	〃	3.3	4.6	5.6	7.6	8.7	9.8	11.6	11.8
20	〃	3.8	18.0	16.5	34.5	42.0	50.0	76.5	91.5
	〃	3.8	5.5	15.6	9.0	7.9	9.5	9.8	11.6
24	〃	3.0	23.0	45.0	91.0	92.0	100.0	100.0	100.0
	〃	4.2	5.6	6.3	7.8	8.0	7.6	8.6	9.0

第8表(4) 矽石粉

水分%	搗固度 性質	搗固度							
		1	2	3	4	5	6	7	8
16	通氣度	82.0	83.5	93.5	96.0	95.5	97.5	97.5	98.0
	強度	1.4	1.7	2.3	2.4	2.6	2.9	3.1	2.9
20	〃	74.5	82.5	90.0	94.0	93.5	94.5	95.5	98.0
	〃	1.4	1.5	2.2	2.3	2.7	2.5	2.5	2.9

圖に於て微粒子 15% 配合に於て矽砂粉の場合は通氣度の極大値の左側に強度の極大値が來ているが木節粘土になると少し其の差が小さくなり勝間粘土, ベントナイトに於ては兩極大値が一致している.次に30%になると矽砂粉は強度の極大値が通氣度の極大値の左側にあり, 木節粘土の場合は二個所に存在し其の水分の少ない方の極大値は通氣度の左側に水分の多い方は通氣度の極大値と一致している. 勝間粘土の場合は兩極大値が一致している. ベントナイトは強度の極大値は通氣度の極大値の右側に在る. 45% になると矽砂粉と木節粘土は共に強度の極大値が二個所存在し水分の少ない方は通氣度の左側に多い方は右側にあり中央の通氣度の極大値に於ては強度が少し低下している. 勝間粘土は一致しベントナイトは通氣度の極大値の右側になつてゐる. 通氣度の變化を見ると水分の増加と共に搗固度が増し, ある水分値にて極大を示しそれより降下し後再び上昇して極大値を示し後再び低下し夫々通氣度の變化と一致している. 搗固を變化した場合を見ると各微粒子共搗固の増加と共に強度は直線的に増加している. 其の増加の傾向は矽砂粉, 勝間粘土, 木節粘土, ベントナイトの順に大となり又微粒子の増加と共にその割合が大となる. 以上により微粒子の種類によつて通氣度と強度の關係は移動する事を認められた.

4. 微粒子の性質

第8表は四種の微粒子の性質を示せるものである.

第8表(1) 木節粘土(粘土)

水分%	搗固度 性質	搗固度				
		1	2	3	4	5
16	通氣度	90.0	97.0	99.5	100.0	100.0
	強度	2.3	3.1	4.9	5.6	6.4
20	〃	86.5	92.5	95.5	97.5	99.5
	〃	1.7	3.9	5.2	6.6	6.8
24	〃	43.0	83.0	88.5	92.5	97.5
	〃	2.8	3.8	5.2	6.5	7.4

24	〃	49.578.586.589.594.595.597.0	96.5
	〃	1.401.702.102.202.152.703.00	3.10
28	〃	15.045.099.097.0	100.0 100.0 100.0 100.0
	〃	2.403.203.303.803.404.204.50	4.20
32%	〃	流動状態	
	〃		

前節で述べたように珪砂粉と木節粘土は強度の極大點が二個所存在するが勝間粘土、ベントナイトはこれを示さない。通氣度に於ても前節に於て述べたような傾向をもっている。通氣度變化は勝間粘土、ベントナイトはいづれも通氣度の極大の時に少し低下しているが木節粘土、珪砂粉はいづれも通氣度の最大の時に通氣度變化は上昇の傾向にある。各粒子の強度を比較して見ると珪砂粉、木節粘土、勝間粘土、ベントナイトの順に大になっている。次に各性質について考察を進めて行く事にする。

1. 強度の變化についての考察

搗固回数を變化しての強度の變化の表より直線的の變化をする事が解り其の直線の傾斜を θ 。搗固め回数を n とすれば剪斷力 (f) は

$$f = n \tan \theta + C^{(2)}$$

なる式が成立すると考えられる。これは搗固回数の代りに上部よりの荷重をとつた場合のクーロンの式の變形として考えられるのであつて略々これと類似していると見てよい。そこで常數の C であるが C は粘土の凝集強度 θ は内部摩擦角である。此の場合 θ , C の變化を考えると θ は水分の増加と共に漸減し C は水分の増加と共に増加し、ある水分値にて極大を示しそれ以後は減少している。此の極大値は毛管壓力によるものであるが一般の鑄物砂の強度の極大値は毛管壓力の影響と見る事が出来る。然し木節粘土、珪砂粉のように強度の極大値が二個所に存在する事はこれは粘土の強塑性體としての性質であると思う。以上により水分の少ない方の強度の極大値は毛管作用、後者の水分の多い方は塑性體より流動體えの變化する所と考えられる。次に勝間粘土、ベントナイトの如く強度の極大値が一個所存在するのは後者か前者かと言う事であるがこれは後者の場合の極大値であり此の場合に於ても水分の少ない方の強度の極大値があるが粘土粒子の透水係數により強度の降下する所が降下しなかつた結果によるものである。即ち粘土の壓密透水作用³⁾によると土の間隙には水と空氣とが存在している故土を容器に密閉して外より壓力を加えるときは其の間隙中の空

氣並に水分を絞り出して始めて壓縮を起すのであつて此の土粒間にある水と空氣とは表面張力の作用によつて可なり強力に結びついている爲に、これを追出すには充分長い間壓力を加えて置く必要がある。此の壓力を P 壓縮量を v とすれば双曲線的變化をする。此の壓縮量の代りに間隙比を e すると

$$e = -\frac{\log(P+B)}{A} + C$$

$$\frac{de}{dp} = -\frac{1}{A(P+B)}$$

なる關係が有り此の際 P が一定の時 A の値は微粒子程小であるから壓力の少しの増加によつて極限の間隙になり易く強度の極大が二個所に存在する點に於て其の間の強度の少し低下する所がなくなる爲である。

2. 通氣度の變化

砂の間隙の大なる事と同時に間隙が簡單である事は通氣度の良い條件であるが微粒子配合の通氣度の水分による變化を見ると水分の少い時は間隙が複雑であるから通氣は悪くなつて居るが徐々に水分が増加すると微粒子が相互に吸着して間隙が簡單となる。この事は微粒子が集合して一つの大ききの砂粒の如き作用をするものと思う。これは前の強度の項に於てクーロンの式が成立する事を述べたが微粒子が少いもの程 C の値が小で、多くなる程 C の値が大となるが θ は微粒子多くなる程小となる事が言われているが前實驗より微粒子が多くなつた場合にも流動状態になる迄の含水量の範圍では θ も大なる事を述べ砂粒の如き性質を呈している事が了解される。

3. 通氣度と強度の關係

1, 2, に於て強度通氣度の増減の原因につき考えたのであるが尙通氣度と強度の關係につき考えて見ると通氣度の最大値の左側に強度の最大値が来る場合は毛管壓力により強度が大となつた時通氣度は其の間隙が複雑な爲に小であるが徐々に水分の増加と共に間隙が簡單となり通氣度が大になる。然し強度は上述の實驗に於て述べた如く弱くなつて行く。次に通氣度の最大値の右側に強度の最大値が来る場合は強度が毛管壓力による強度よりも強塑性體としての性質の爲に増加して行くものと考えられる。

5. 微粒子の粒度吸濕

微粒子の粒度を調査する爲に先づ吸濕實驗を試みた。即ち粒が小である程粒の表面積が大であるから吸濕量は大きくなるで其の値を示すと第9表の如くベントナイト、勝間粘土、木節粘土、珪砂粉の順に吸濕量は小になつて居る。尙ストークスの法則⁴⁾による沈降速度により粒の

第 9 表

性質 名稱	比重	湿度90 吸濕%	粒 度 (耗)		
			0.005 \geq	0.05 \geq >0.005	0.05<
珪砂粉	2.332	0.857	15.20	64.95	19.85
木節粘土	2.260	3.360	18.18	60.02	21.80
勝間粘土	2.327	3.400	42.10	46.60	11.30
ベント ナイト	1.948	4.380	28.00	17.00	55.00

大きさを調べると第9表の粒度の如くなっている。ベントナイトは水に可溶性を示す爲にストークスの法則は用いられないと思ふが可溶性の爲に微粒子の透水係数を減じ前節に述べた性質を呈する事がうなづける。其の他の微粒子は粘土分或はコロイド分の量が多い程通気度と強度との関係は前節に述べた如き傾向を示す事が解るのである。日本に於ては通気度と強度の関係に於て通気度の極大値の左側に強度の極大値を示す鑄物砂が殆どを占めていると言う事は砂粒の影響もあるが微粒子の大きさが大きい爲と思ふ。

IV. 總 括

以上の実験を總括すると次の如くである。

(1) 鑄物砂の粒度を微細化する爲に微粒子を配合する事によつて通気度が悪くなり強度は強くなるのであるが微粒子を多量配合する事により通気度が、ある程度良く

なり尚通気度の最大の時に強度も最大なる如き水分値を決定し得。

(2) 微粒子の影響を顯著にするのは砂粉の小さいものよりも大きいものゝ方である。

(3) 搗固度を増す事により通気度、強度の関係にあまり顯著な影響はない。

(4) 微粒子中に水に可溶性のもの或は粘土、コロイド分の多いもの程通気度と強度の関係に於て通気度の極大値の右側に強度の極大値が移動する傾向がある。

(5) 微粒子の大きさが大きいもの程微粒子が多い場合水分の變化により強度の極大値が二個所に存在し其の水分の少い方は毛管作用によるもので水分の多い方は塑性體より流動體への變化點である。

(6) 微粒子中の水に可溶性のもの或は粘土、コロイド分の多いもの程強度の極大値は一個所に存在しそれは塑性體より流動體への變化點である。

最後に本実験を行うに當り終始御助言を賜りたる越智郷郎鑄造課長並に研究課の一同に對し深く感謝する次第であります。

文 献

- 1) 吉田正夫: 電氣製鋼第 14 卷 3 (昭和 13 年) 87
- 2) 山口 昇: 土の力學 35
- 3) 山口 昇: 土の力學 30
- 4) 厚木勝基: 最新化學工業大系應用コロイド化學 367

正 誤 表

前號(11月)中下記の通り訂正す

頁	行	誤	正
13	4(左段)	$(\text{SiO}_2)(\text{FeO})_2 \cdot \text{SiO}_2$	$(\text{SiO}_2)(\text{FeO})_2 \cdot \text{SiO}_2$
15	第1表	Na_2O e 322 c 6 m 2	Na_2O e 322 c 4 m 2