

- 5) 近藤：力の測定に関する基礎的事項，運研報告書，2巻1号（昭和27年1月）
- 6) S.D. Carothers: Stress due to a Loaded Surface when Earth is treated as an Elastic Solid, Engineering (1924) pp 1, 156
- 7) E. de Beer: "Tests for the Determination of the Distribution of Soil Reactions beneath Beams resting on Soil" Proc. 2nd. 1. Con. Soil Mechanics, Vol. 11.
- 8) 星基：基礎の支持力論，p. 22, p. 31（昭和23年）
- 9) 谷藤：路盤に関する土質力学的研究，p. 53（昭和24年）
- 10) Goldbeck: "Distribution of Pressures through Earthfills" Proc. A.S.T.M. Vol. 17, 1917, p. 640.
- 11) Kögler F, and A. Scheidig: "Druckverteilung im Baugrunde": A series of articles in Die Bautechnik. 1928, 1929. (昭.29.9.17)

砂の粒度がその単位容積重量及びモルタルの強度に及ぼす影響に関する研究

正員 荒 木 謙 一*

EFFECTS OF GRADING OF SAND ON BULK DENSITY AND ON STRENGTH OF MORTAR

(JSCE April 1955)

Ken-ichi Araki, C.E. Member

Synopsis This paper is a report of an experimental investigation of the effect of grading of sand on the workability and the strength of mortar having constant flow and water cement ratio. The author suggest the specific surface and void of sand as factors for proportioning of mortars.

要旨 砂の粒度（とくに不連続粒度）がその単位容積重量やモルタルの強度に及ぼす影響を実験的に調べ、かつ砂の性質として配合設計にはとくに比表面積と空隙率とを考慮することを提案した。

1. 緒 言

砂の粒度はコンクリートあるいはモルタルの品質に大きい影響を与えることが古くより研究され¹⁾²⁾、最初は諸要素（セメント使用量、骨材の種類など）に応じてそれぞれの理想粒度曲線が創案されたが、後にはある範囲内のものが適当とされるに至り、各国で示方書に示されている³⁾。

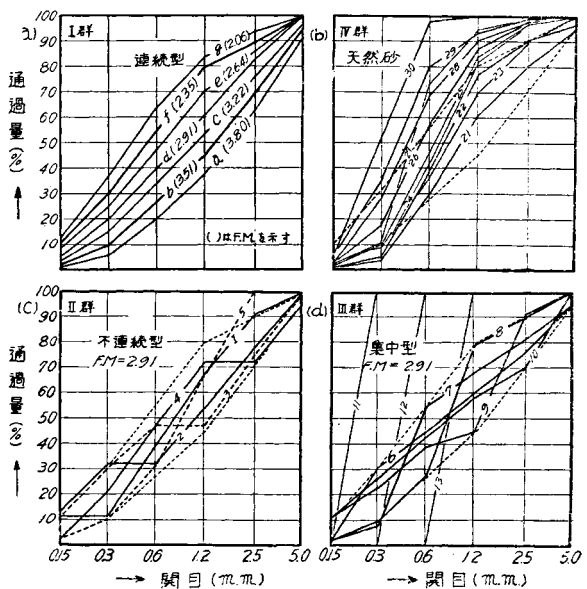
骨材の粒度の概略を示す指数として日米では粗粒率（Fineness Modulus; F.M.）が用いられるが、著者は F.M. の代わりに比表面積の近似値と空隙率とを用い、粒度と空隙率及びモルタルの強度との関係を試験した。コンクリートの場合に不連続粒度のほうがよいとも云われているので⁴⁾⁵⁾⁶⁾、とくに不連続粒度の影響を調べた。また土木学会の「砂のモルタル強さ試験」で標準の砂と強度を比較するとき粒度が悪いために有機不純物は少くとも 90% の限界に落ちることがあることを確かめた⁷⁾。最後に粒度に応じ w/c を変えフロー値及びセメント使用量が一定の場合の強度

の比較をした。

2. 実験材料及び方法

a) 材料 砂は吉野川産でほとんど有機不純物が無く、かつ泥土量が約 0.5% のものを規格のフルイでふるい分けた後に各種の粒度に調製したものと、洗っただけの天然の河砂を用いた。粒度は次の 図-1 に

図-1 砂の粒度曲線



* 徳島大学助教授，工学部土木工学教室

示す4群である。

このほかに豊浦標準砂をも用いた。

セメントはアサノ普通ポルトランドセメントである。

表-1 セメント

比重	ブレン 比表面積 (cm ² /g)	フロー	曲げ強度 (kg/cm ²)		圧縮強度 (kg/cm ²)	
			7日	28日	7日	28日
3.14	3090	213	48.1	65.0	219	384

b) 単位容積重量と比重の測定 気乾状態で比重を測定した以外は土木学会示方書のとおり実施した。

c) w/c=60% のモルタル試験 「砂のモルタル強さ試験法」に準じモルタルを練り1バッチから3~4個の4×4×16cmの供試体を造る。ただし便宜上砂は気乾状態のまま計量したので、砂セメント比は規定の方法より一律に小となった。水中養生(水温18~26°C, 多くは19~23°C)の後、材令7日で圧縮試験を行いI~III群は3回以上日を変えて実験した。養生温度及びその他の条件が製作日より相違するのを補正するため、毎回豊浦標準砂でも供試体を造つた。なおフロー180についてb~f砂で、また他のフローについてd砂と同様の試験を行つた。さらに参考のためd砂と豊浦砂で種々w/cを変えフロー200のモルタルを造つた。

d) フローとセメント使用量が一定のモルタル試験 d砂を用いたときのw/c=60%, フロー=200のセメント使用量(460kg/m³)を基準とし、各砂につ

表-2 砂の粗粒率および単位容積重量, その他

砂 群	記号	粗粒率	比表面積 (cm ² /g)	単位容積 重量 (kg/m ³)	空隙率 (%)	重量率 (%)
I	a	3.80	34.5	1817	0.327	100
	b	3.5	32.6	1820	0.311	101
	c	3.27	31.5	1821	0.310	101
	d	2.71	20.6	1809	0.315	100
	e	2.62	20.2	1790	0.322	99
	f	2.35	20.0	1751	0.339	97
	g	2.00	22.0	1713	0.354	95
	h	2.81	38.1	1784	0.324	99
II	1	67.9	1853	0.298	102	
	2	62.2	1851	0.299	102	
	3	63.5	1776	0.327	98	
	4	51.2	1725	0.347	95	
	5	68.2	1823	0.309	101	
III	6	57.1	1711	0.352	95	
	7	51.6	1709	0.353	94	
	8	62.7	1844	0.301	102	
	9	67.6	1849	0.300	102	
	10	100	148.7	1476	0.451	87
	11	200	75.5	1522	0.426	84
	12	300	37.9	1570	0.405	87
	13	3.28	43.0	1743	0.340	96
	14	2.91	50.9	1685	0.362	93
	15	2.91	53.4	1730	0.345	96
IV	16	2.74	53.6	1655	0.373	91
	17	2.61	60.0	1605	0.389	92
	18	2.36	71.5	1680	0.364	93
	19	2.12	73.6	1582	0.401	87
	20	2.11	83.7	1632	0.382	90
	21	1.86	97.3	1576	0.405	87
	22	1.45	114.6	1528	0.421	84
	豊浦	T	0.97	151.1	1534	0.419

* 比重は2.65, 他は全部2.64である。

きフローが200になるようにw/cを変えてモルタルを造り強度を試験した。

3. 実験結果とその考察

a) 単位容積重量及び比重 全群各砂の単位容積重量と空隙率を表-2に, 各粒大の気乾比重を表-3に示す。なおほとんどの砂は2.64でfとg砂が2.65であった。

表-3 各種粒大の気乾比重及び平均径など

粒大(mm)	気乾比重	平均径(mm)	(d _m /d ₀) ⁻¹	(G _s d _m ³ /s ₀ d _{m0}) ⁻¹
7 ~5	2.61	5.831	0.137	0.139
5 ~2.5	2.62	3.333	0.240	0.242
2.5 ~1.2	2.63	1.622	0.493	0.495
1.2 ~0.6	2.64	0.800	1.000	1.000
0.6 ~0.3	2.65	0.400	2.000	1.992
0.3 ~0.15	2.69	0.200	4.000	3.926
0.15~0.11	2.64	0.127	6.305	6.306

混合粒状体の空隙について Worthington などは次のごとく述べている⁸⁾⁹⁾。(A): 最小空隙率は最大粒が一杯つまりその空隙を最大粒の数分の一の大きさの粒大がちょうど埋めるだけあり, その空隙をさらに数分の一の粒大がちょうど埋めるだけあるような割合に最小粒までなっている場合におこる。(B): この割合より大粒が少ない場合にはその不足量だけ小粒で埋めねばならぬので空隙が増す。(C): 小粒が少ない場合には大粒の空隙を満たしきれずやはり空隙が増す。著者の実験ではI群では粒が大きくなるに従い単位容積重量が増大し従つて空隙率は減少しc砂(F.M.=3.22)より粗粒なものはほぼ一定値となつているが, これは上記の(B)より(A)に達し(C)にならうとするものと考えられる。示方書の上下限(f, b砂)では69kg/m³, 約4%の重量差がある。II群ではNo. 2が(全群でも)最大でNo. 3がこれにつぐ。このように不連続粒度が直線分布粒度のものより単位容積重量が重でありうることは Moncrieff¹⁰⁾も実験しているところである。No. 5は2.5mm以上が無いのでとくに小さい。III群のNo. 6~10ではNo. 10が最大でNo. 9がこれにつぐ。No. 7と8がとくに小さく, No. 6と10は2フルイ間の集中量(約30%)が重のもの(約50%)に比し少ないので比較的大きくなつている。No. 11~13は集中量が100%で当然重量が小さい。No. 11が全群中最小で最大重量のNo. の約80%である。IV群も粒度が集中的なため重量が一般に小さい。全群について考えると粒度が広い範囲にわたる場合は中間部が欠けるか, または少ないものが大なる重量を示すようである。

b) w/c=60% のモルタル試験 フロー200の場合の砂セメント比s/c, 材令7日の圧縮強度などを表-

表—4 モルタルの圧縮強度, その他 (w/c=60%, フロー=200)

群	砂記号	比表面積 (m ² /cm ³)	7日圧縮強度 (kg/cm ²)	供試体数 (個)	変異係数 (%)	強度率 (%)	ペーストの膜厚 (1/1000mm)	指定強度 (kg/cm ²)	指定強度率 (%)
I	u	3.25	20	8	2.7	93	14.4	181	97.7
	v	3.25	20	9	1.7	94	17.2	187	99
	c	3.55	192	9	1.6	96	17.2	192	100
	d	3.21	197	18	2.9	100	17.0	197	99
	e	3.06	202	9	2.1	102	17.1	201	100
	f	2.86	198	9	3.7	97	16.0	202	102
II	g	2.67	201	8	2.6	101	15.0	204	101
	1	3.30	193	9	1.9	97	16.6	195	101
	2	3.35	206	12	2.1	104	16.7	203	99
	3	3.33	205	9	3.2	103	16.5	203	99
	4	3.10	193	9	4.6	97	17.6	197	102
	5	3.18	187	9	1.6	96	17.3	189	101
III	6	3.23	197	13	4.3	99	16.8	202	103
	7	3.01	184	13	2.7	97	17.4	191	104
	8	3.10	185	9	3.6	93	17.4	189	102
	9	3.42	204	10	2.2	101	16.8	200	100
	10	3.35	200	9	2.5	101	16.6	202	101
	11	1.77	191	8	1.8	96	14.4	183	96
IV	12	2.14	183	9	3.7	97	19.7	184	101
	13	2.58	167	9	4.1	84	26.4	123	91
	21	3.21	187	3	1.7	94	21.2	185	99
	22	2.95	191	4	2.4	96	19.0	183	98
	23	3.16	189	10	2.0	95	17.1	190	101
	24	2.81	190	3	1.0	95	18.9	182	99
V	25	2.80	195	4	0	98	17.7	191	98
	26	2.71	196	4	1.8	93	17.1	196	100
	27	2.40	194	3	6.0	97	17.6	192	99
	28	2.44	202	3	3.2	102	17.0	198	98
	29	2.20	196	7	3.4	98	16.6	197	101
	30	1.98	201	7	3.5	101	15.9	197	99
標準	T	1.87	211	24	2.2	106	14.4	206	98

4に示す。このように砂の質, w/c及びフローが一定であつても粒度により強度や s/c が相当違うことがわかる。直線分布の d 砂を基準とした強度率は示方書の粒度範囲内にはほあるものでも集中粒度の No. 7 で 92%, 不連続粒度の No. 2 で 104% と 12% の巾があり, しかも F.M. はともに 291 である。

示方書では「標準の砂」としては特定の砂を指定していないが, 上記のごとく粒度の上下限内でしかも有機不純物の少ないものでも標準の砂の選び方により 90% の限界以下になることがありうる。なお豊浦砂と No. 7 をくらべると 14% の差がある。

s/c は粒度のほかにも空隙率にも関係し s/c=1.77 (No. 11)~3.85 (a 砂) と変動し, 上下限内では s/c =2.86~3.75 となつている。

なおセメント使用量は上下限及び d 砂ではそれぞれ 500, 428, 460 (kg/m³), 全群の最小は a 砂の 423(kg/m³), 最大は No. 11 の 635 (kg/m³), ついで No. 30 の 599(kg/m³) である。またフロー 180 の場合の結

表—5 モルタルの圧縮強度, その他 (w/c=60%, フロー=180)

砂群	砂記号	砂セメント比	7日圧縮強度 (kg/cm ²)	供試体数 (個)	変異係数 (%)	強度率 (%)	ペーストの膜厚 (1/1000mm)
I	b	3.88	175	7	2.2	91	15.5
	c	3.65	184	8	3.8	96	15.8
	d	3.43	192	8	3.5	100	15.5
	e	3.17	192	7	2.2	100	15.6
	f	2.99	188	8	3.6	98	14.3

果を表—5に示す。いずれも 200 のときより s/c は大となり強度はわずかに落ちる。

なお 図—2 は d 砂と 豊浦砂につきフロー 200 で w/c を変えた場合の強度とセメント使用量を示したものである。

以上の結果から諸要素の関係式を導くため著者は砂粒度を示す指数として比表面積と単位容積重量または空隙率を選んだ。従来コンクリートの強度に対する骨材の表面積の影響については諸家の研究があり¹⁾, ウォーカビリティーについても骨材の表面積をもととして配合設計法を Kennedy¹¹⁾ や太田誠一郎¹²⁾氏が示している。

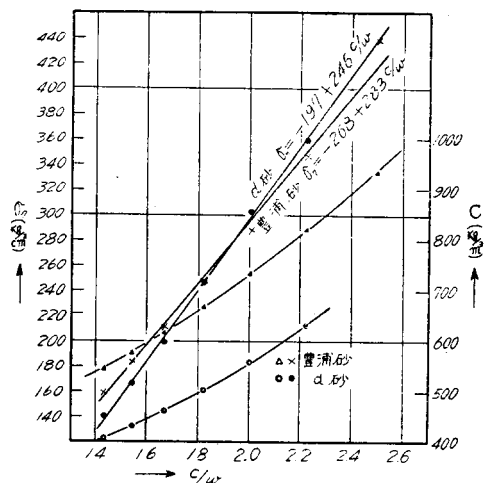
Kennedy によればペーストの一部は骨材の空隙を埋め残余は骨材の表面を包む膜を作り, この膜の厚さ(彼は workability factor と名づけた)が厚いほどコンクリートのウォーカビリティーがよくなり, また w/c の小さいものは大きいものより膜厚が大でなければウォーカビリティーが同じにならないと述べている。従つて著者の実験では w/c 及びフローがともに一定であるから各砂の膜厚はほぼ等しくなるはずである。モルタル中の砂の空隙の大きさが気乾状態で突き固められたときのそれと等しいと仮定すれば,

$$(s/w_s - s/g_s) + Sat = c/g_c + w \dots \dots \dots (1)$$

となる。ここに s: 砂の重量 (g), w_s: 砂の単位容積重量 (g/cm³), g_s: 砂の比重, A: 砂の比表面積 (cm²/g), t: ペーストの膜厚 (cm), c: セメントの重量 (g), g_c: セメントの比重, w: 水の重量 (g), (1) 式を t について解くと

$$t = \frac{1}{A} \{c/s(1/g_c + w/c) - (1/w_s - 1/g_s)\} \dots \dots (2)$$

図—2 c/w—圧縮強度及びセメント使用量



となる。この式を使うには砂の比表面積が必要であつて、著者の場合はその相対値がわかればよいので次の近似法を用いた。扁平な砂や碎石の場合には Steuerman¹³⁾ は

$$A = 8/g_s d, \text{ (ここに } d : \text{ 粒径) } \dots\dots\dots (3)$$

としているが、種々の粒径の集まりではそれらが相似形であると仮定して著者は

$$A = \frac{8}{100 g_{s0} d_0} \sum \frac{p}{g_s d_m / g_{s0} d_0} \dots\dots\dots (4)$$

とした。ここに d_0 : 基準の粒径 (1.2~0.6 mm = 0.08 cm とした), g_{s0} : 基準粒の比重 (=2.64), p : 各2フルイ間の重量百分率, d_m : フルイ目 d_1, d_2 の平均径 = $2d_1 d_2 / (d_1 + d_2)$ (cm), (4) 式により計算した各砂の近似比表面積を表一2に、各平均径を表一3に示した。ただし各砂とも 0.15 mm 以下はその約8割が 0.11 mm に止つたので、それ以下は砂の全量に比し微量であるからこれを無視した。0.11 mm 以下が相当ある場合にはその形状や粗滑の度がウォーカビリチーに影響すると思う。

表一2と式(2)より計算した各膜厚 t の大きさを表一4 (フロー=200) と表一5 (フロー=180) に示す。同一フロー値に対してはほぼ一定の値となり (ただし No. 11 と 13 は例外), 概して比表面積の大きいものは t が小さいようである。さてある砂を用いたモルタルでフローがある値となる膜厚 \bar{t} を実験によりあらかじめ求めておけば、同種で粒度の異なる砂に対しては、ふるい分けと単位容積重量を測定することにより w/c とフローが先のもと等しいモルタルの s/c を推定できることになる。すなわち (2) 式を s/c について解き

$$(s/c) = \frac{1/g_c + w/c}{1/w_s - 1/g_s + A\bar{t}} \dots\dots\dots (2')$$

表一6 モルタルの圧縮強度, その他
(フロー=200, セメント量=460 kg/cm³)

群	記号	砂セメント比	S/w	28日圧縮強度 (kg/cm ²)	弾性係数 (kg/cm ²)	弾性率 (%)	推定強度 (kg/cm ²)	測定値 (%)
I	a	3.42	1.79	227	4	3.4	114	227
	b	3.41	1.77	226	4	7.5	114	216
	c	3.39	1.75	219	4	3.1	110	210
	d	3.32	1.67	179	1.8	2.9	100	197
	e	3.23	1.59	182	3	1.4	91	183
	f	3.16	1.52	156	4	3.1	78	160
	g	3.04	1.42	133	4	3.0	67	139
II	1	3.34	1.69	220	3	3.5	111	209
	2	3.33	1.68	213	3	2.4	107	213
	3	3.20	1.55	152	3	2.4	76	160
III	4	3.20	1.54	150	7	4.9	75	162
	5	3.28	1.63	173	4	3.7	87	183
IV	6	3.19	1.51	150	4	1.6	75	139
	7	3.10	1.47	130	4	6.3	65	133
	8	3.11	1.50	146	4	6.0	73	143
	9	3.12	1.49	142	4	3.6	71	140
	10	3.02	1.41	112	3	4.7	56	105
	11	2.99	1.38	114	3	1.8	57	116
	12	2.82	1.27	93	3	2.3	47	84
	13	2.71	1.21	90	4	5.6	45	70
平均	T	3.20	1.52	91	4	4.0	41	64

で求まる。表一4 の t の平均値 0.0173 mm を (2') 式に入れ各 (s/c) を求めると実測値とよく一致する。

次に強度についての関係式を求めたいのであるが、目下これに関する実験を補足中である。以下只今までの結果より推定した関係を記すことにする。強度と s/c あるいは空隙率 v との関係 plot してみると、 s/c の似たものでは v が小さく、また v の似たものでは s/c が小さいものが強く出ていることなどから次の式を仮定し、

$$\sigma_r = \alpha - \{\beta v + \gamma(\delta - 0.01 A) s/c\} \dots\dots\dots (5)$$

実験結果に合うように常数 α, β, γ 及び δ を決めると $\sigma_r = 321 - \{240 v + 7(2.70 - 0.01 A) s/c\} \dots (5')$

となる。この s/c に (2') 式の値を用いると、同種の砂で w/c が 60% の場合の強度が推定できる。表一4 にこの値及び実験値との率を示したが、最小 98%, 最大 104% でよく一致している。しかし実測値では不連続粒度の No. 2 と 3 がとくに強く、集中型の No. 7 と 8 がとくに弱いにもかかわらず推定値ではこれが十分表わされていないのは (5') 式が不完全なためであろう。

c) フロー値とセメント使用量が一定の場合 フロー=200 でセメント使用量が 460 kg/m³ の場合の s/c 及び材令7日の圧縮強度などを表一6に、 c/w あるいは v と強度との関係を 図一3 と 4 に示す。一般に粗粒で v の小さな砂ほど使用水量が少なく、従つて c/w が大となり強度が大きい。また v と c/w の関係を 図一5 に示すが、I 群とIV群で同じ v に対し c/w が異なるのは、比表面積がI群の方が大でそれを包むに多くの使用水量を必要とし c/w が小となるのである。d 砂を強度の基準とすると同じ F.M.=2.91 のもの

図一3 c/w —圧縮強度

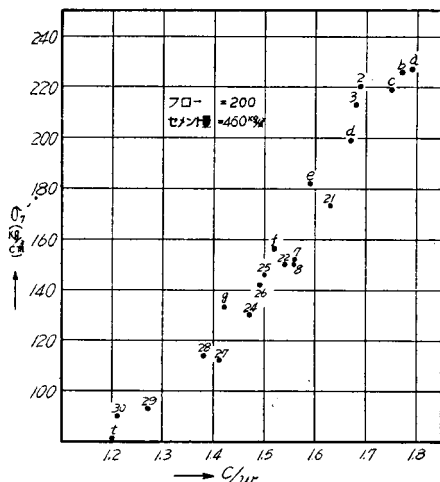


図-4 空隙率-圧縮強度

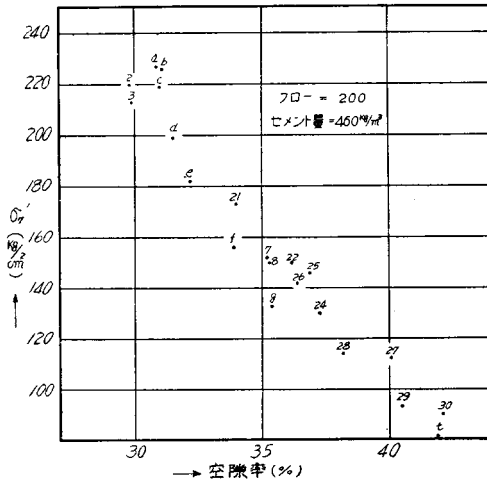
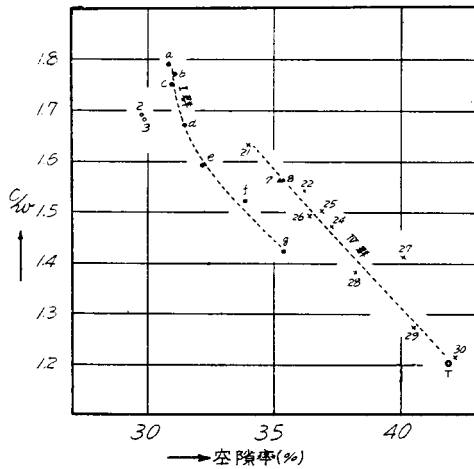


図-5 空隙率と c/w



でも小は No. 22 の 75% から大は No. 2 の 111% まで相当広い範囲にわたっている。いま次式を仮定し、

$$\sigma'_p = \frac{\alpha'(1-\beta'v)}{0.001A+r'} \dots\dots\dots (6)$$

ここに α' はセメント強度及びフローに、 β' はセメント使用量に、 r' は砂の表面の状況に主として関係する常数と推定し、実験値に合うような値を決めると

$$\sigma'_p = \frac{139(1-2v)}{0.20+0.001A} \dots\dots\dots (6')$$

となつた。各常数を決める資料として d 砂について次の実験をした。セメントの種類を変えるとその JIS 7 日強度と σ'_p はほぼ比例し、またセメント量 460 kg/m^3 でフローを種々変えると $\sigma'_p = +349 - 0.75f$ 、ここに f : フロー値、となりこれらをひつくるめて α'

とした。 β' についてはフロー 200 で w/c を種々変えると $\beta' = 4.76 - 0.0060c$ 、ここに c はセメント使用量 (kg/m^3) となり、 $c = 460 (\text{kg/m}^3)$ で $\beta' = 2.00$ となる。 σ'_p の逆数と A とを plot すると似た v に対してはほぼ直線関係にあつた。さらに吉野川より扁平で角ばつた鮎喰川の砂を d 砂と同じ粒度で試験すると弱い値がでた。

(6') 式の推定値と実測値の比は 0.78~1.10 の範囲となり細粒の No. 30 を除けばかなり一致する(表-6 参照)。(6') 式からわかるようにセメント使用量一定の場合は A と v が小さなものが強度が大きくなる。I 群の砂を比較すると粗粒になるに従い強くなるが c 砂 (F.M. = 3.22) 付近より強度増加率は激減し、a 砂 (F.M. = 3.80) ではモルタルがあらあしくなつたから、これ以上粗なものは粒度としてよくないと思う。

なお (5) 及び (6) 式についてはまだ不十分で検討の余地があり目下実験中である。

4. 結 語

以上の結果を要約すると、

a) 単位容積重量は粒度により違い、最大は不連続型のもので、最小は粒度の集中度の高いものである。示方書の範囲内のものでも 8% の差がある。

b) フロー値と w/c が一定のモルタル中の最強のものは不連続粒度のものであつて、最大粒と最小粒の中間部が欠けているものがよい。ところが、示方書の範囲内でも約 12% の強度の巾があるので「砂のモルタル強さ試験」の「標準の砂」との比較についてはさらに明確な条件が示されねばならない。また一部が粒度の範囲外に出る天然砂でも強度差の巾は上記程度である(ただし超集中型を除く)。

c) 粒度の違う同種の砂が多数ある場合はそのうちの二、三の代表につき、任意の配合の強度がわかれば、他は粒度と単位容積重量を測定すればフローと w/c が代表と同じであるモルタルの砂セメント比及び強度を式 (2') と (5) から推定することができる。

d) フロー値とセメント使用量とが一定のモルタルの強度は F.M. が 2.91 でも粒度によつて 36% の差を生じ、空隙率の影響が大きい。c) と同様に粒度と単位容積重量を測定すれば式 (6) を用いてその強度を推定することができる。また A と v の小さなものがモルタル用として適当である。

最後に全般について考えると、モルタル用として適当な粒度でもコンクリート用の粒度としては必ずしも適しない場合がある。なぜならばコンクリートでは粗細骨材の総合粒度が問題となるからである。今後 (5)

及び(6)式の検討とともに、この点につき研究するつもりである。

参考文献

- 1) 福田武雄：鉄筋コンクリート理論, p. 48~51 (昭.15)
- 2) 坂 静雄：鉄筋コンクリート学教程, p. 37 (昭.27)
- 3) たとえば土木学会コンクリート標準示方書, 米 国開拓局の Concrete Manual (1951), 英国の B.S. 882(1944) 及びドイツの DIN 1045(1943) など。
- 4) J.D. O'Keefe: "Gap-Graded Aggregates," Concrete and Construction Eng. V. 48, No. 5, p. 173~178, May 1953.
- 5) L.B. Mercer: "The Law of Grading for Concrete Aggregates", ACI Journ. Proc. V. 48, p. 360, Dec. 1951 に抄録。
- 6) H.N. Walsh: "Gap Graded Aggregates in Concrete," ACI Journ. Proc. V. 46, p. 310, Dec. 1949 に抄録。
- 7) 穂積 豊・板野武司：砂のモルタル強さ試験に

関する実験的考察, セメント・コンクリート, No. 83, p. 6~16 (昭.29)

- 8) P.M. Worthington: "An Experiment on the Theory of Voids in Granular Materials", Magaz. of Concrete Research, No. 12, p. 121~126, Apr. 1953.
- 9) 堀 武雄：混合砂の容積, 土木学会誌 31 巻 2 号, p. 9~14 (昭.21)
- 10) D.S. Moncrieff: "The Effect of Grading and Shape on the Bulk Density of Concrete Aggregates", Magaz. of Concrete Research, No. 14, p. 67~70 Dec. 1953.
- 11) C.T. Kennedy: "Design of Concrete Mixes", ACI Journ. Proc. V. 36, p. 373~400, Feb. 1940.
- 12) 太田誠一郎：コンクリートの水セメント比について, 土木技術 8 巻 5 号 p. 14 (昭.28)
同 上：砂の表面積と透水係数との関係について, 土木学会誌 36 巻 6 号, p. 263~265(昭.26)
- 13) 坂 静雄：鉄筋コンクリートの設計, p.61(昭.17) に紹介。
(昭. 29. 9. 15)

軟弱地盤の特性に関する研究

—層状軟弱地盤の圧密沈下の近似計算法(第2報)—

准 員 梶 原 光 久*

STUDIES ON THE CHARACTERISTIC OF THE SOFT FOUNDATION —ON AN APPROXIMATE CALCULATION METHOD OF THE CONSOLIDATION SETTLEMENT OF A STRATIFIED SOFT FOUNDATION(SECOND REPORT)—

(JSCE April 1955)

Mitsuhsa Kajiwara, C.E. Assoc. Member

Synopsis On JSCE April 1954, the writer described on an approximate calculation method of the consolidation settlement of a stratified soft foundation for the case of drainage of the top only. In this paper he discussed and compared with the accuracy of the two approximate calculation methods for the case of drainage at both top and bottom.

要旨 さきに著者は片面透水の層状軟弱地盤の圧密沈下に関する合理的で精度の高い近似計算法を提案した(土木学会誌 39 巻 4 号)。ところで、両面透水の場合にはこの方法を適用すれば“仮想不透水層”の概念を導入するだけで近似計算が遂行できて精度もかなり良好であることがわかった。以下二層圧密の厳密解と従来の平均値法による近似解および著者の提案する近似解を比較検討した結果について述べる。

1. 二層圧密の厳密解と近似解¹⁾

図示の諸常数を有する二層の各層における圧密の基本方程式は前論文(4)²⁾で表わされる。いま、両面透水の圧密試験のような矩形荷重面の場合を考えると境界条件は表-1となる。これら境界条件を満足する

図-1 各層の諸常数

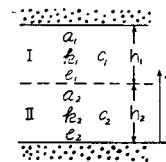


表-1 境界条件

初 期 境 界 条 件	
\$z=0\$	\$u_2=0\$
\$z=h_1+h_2\$	\$u_1=0\$
\$z=h_2\$	\$u_1=u_2\$
\$z=h_2\$	\$k_1 \partial u_1 / \partial z = k_2 \partial u_2 / \partial z\$
\$t=0\$	\$u=q_0\$ (const.)

(4) 式の解として次の \$u_1, u_2\$ が得られる。

$$\left. \begin{aligned}
 u_1 &= \sum_1^{\infty} C_n e^{-TN_n} \sin A_n \cdot \sin \mu A_n \left(1 + \nu - \frac{z}{h_2} \right) \\
 u_2 &= \sum_1^{\infty} C_n e^{-TN_n} \sin \mu \nu A_n \cdot \sin A_n \frac{z}{h_2}
 \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots (1)$$

ここに、\$A_n\$ は

* 徳島大学助教授, 工学部土木工学教室