

実習における測定値のバラツキについて（その１） （鋳物砂試験の場合）

奥 山 徳 宏*・中 津 正 志**・田 中 義 勝***

Dispersion of the Measured Value in Workshop Practice (Part1) (In the case of the Test of Molding Sand)

Norihiro OKUYAMA, Masashi NAKATSU and Yoshikatu TANAKA

要 旨

実習における計測値は、実験室内の整った環境のなかで測定した値に比べ精度も低く、バラツキも大きい。しかし、すこしでもバラツキを小さくし、精度のよい測定をするために、鋳物砂試験の場合についてバラツキの大きさや変化について調べた。また要因による効果の有無を統計的手法を用いて分析したので報告する。

Abstract

The measurements of the Workshop Practice in the factory are worse accuracy values than that of the examination in the Laboratory with the satisfactory environment. The dispersions are larger than them too. To measure the values with a high accuracy and to make the dispersion small, the authors inquired into the size and the change of the measurements in the case of the test of the molding sand. This paper deals that we analyze the effect of the influence at the factor using the statistical method.

Key words : molding sand, standard deviation, moisture inclusion, strength, air permeability
coefficient of variation

１．はじめに

鋳物砂の圧縮強度、通気度は水分含有量に大きく左右される。機械工学科２年の機械工作実習の課題として鋳物砂試験を行っているが、測定技術が未熟であったり、砂自体が不均一なために、測定値にバラツキが生じ正しい鋳物砂の特性を把握出来ないことがある。そこで、(1)鋳物砂試験におけるバラツキ要因と実習におけるバラツキ量の調査、(2)水分含有量による圧縮強度のバラツキと相関分析、(3)水分含有量による通気度のバラツキと相関分析、(4)鋳物砂の新旧によるちがいおよび実習グループによるちがいについて考察した。

２．鋳物砂試験方法

実習では原則的に JIS Z 2603～5 鋳物砂試験法に従って行っている。砂は野幌山砂である。試料の砂は水分量を３種に調節したものを前日に用意した。前日に行ったのは含ませた水分を安定させる事と、水分量の少ない試料を自然乾燥によって製作するためである。試験はクラスを A～D 班の４つに分け、各班をさらに３組に分けて行っている。

２－１ 水分含有量試験

よく混ぜあわせた試料約 50g を、感度 0.01g の秤を 0.1g に切り替え秤量し、 110 ± 5 ℃の温度で 1～2 時間乾燥した。重量に注意し、水分が一定となったら、デシケーター中で冷却し試料の秤量から、次式により水分含有量を求めた。

* 技 官 機械実習工場
** 助教授 機械工学科
*** 教 授 機械工学科

$$\frac{W_1 - W_2}{W_1} \times 100 = \text{水分含有量 (\%)}$$

W 1：乾燥前の試料の重量
W 2：乾燥後の試料の重量

なお、実習では別の砂での、複数回の測定は行っていないが、3組に分けているので各水分ごとに同時に3つの測定値が得られる。

2－2 通気度試験

試験片の作成は、突き固め機で3回付き固めを行い、高さを50±1 mmにした。

作成した試験片を通気度試験機に取り付け、ドラム中の空気2000ccが、試験片を通過するに要する時間を測定した。その間1000ccの空気が通過した時の空気圧力を測定し、次式によって計算した。

$$P = \frac{V \times h}{p \times A \times t}$$

P：通気度
V：通過する空気量 (cc)
h：試験片の高さ (cm)
p：空気圧 (水柱 cm)
A：試験片の断面積 (cm²)
t：Vが通過するのに要する時間 (min)

JISでの測定回数は3回以上となっている。実

習では6回測定した。hに関しては試験後、ノギスにより再度正確に測定した。

2－3 強度試験

通気度試験後の試験片を圧縮試験機に取り付け、手動にて一定の速さ (30g/cm²/sec) で圧縮し、破壊した時の数値から、圧縮強さを次式で求めた。

$$\sigma_c = \frac{W \times 9.807}{A}$$

σ_c：圧縮強さ (N/cm²)
W：試験片が破壊したときの重量 (kgf/cm²)
A：試験片の断面積 (cm²)

JISでの測定回数は3回以上となっている。強度試験についても6回測定した。

3. 測定値のばらつき

図1は鋳物砂試験における測定誤差の要因分析である。本来的に持つ鋳物砂の不均一性による誤差のほかに多くの誤差原因があることがわかる。鋳物砂試験は学生にははじめての経験であり、偏ったサンプリング、試験片の作成不良、機器の操作未熟などの原因で測定値に大きなバラツキが出て、その後の考察を難しくしている。また実習

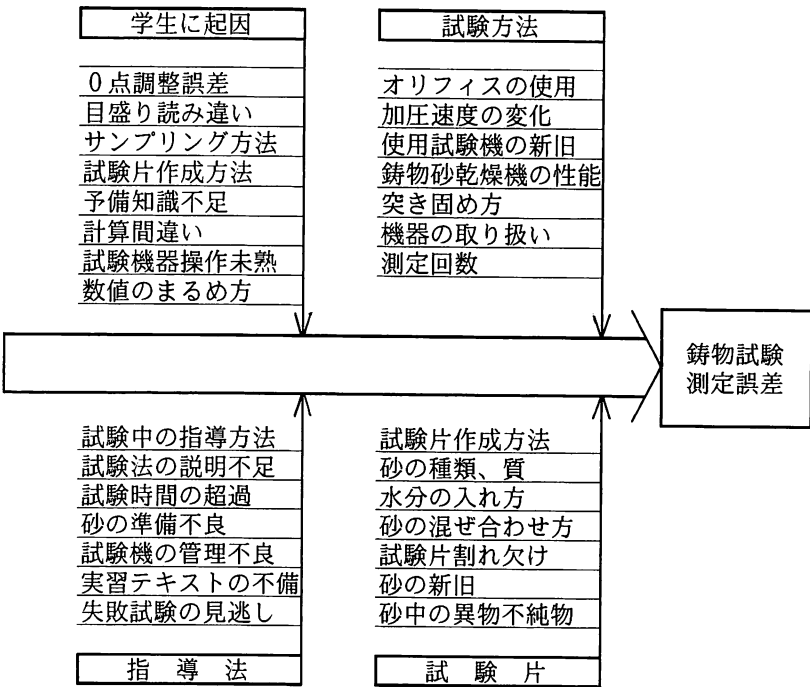


図1 鋳物砂試験における誤差の要因分析

日（グループ）によって、砂の水分量の混入，調節がうまくゆかず試験片の水分含有量と水分測定用試料の含有値が異なるための誤差もあった。しかしこれらの誤差を分離して検知することは非常に難しい。本実験でも全誤差（ばらつき）がどの程度で、それが要因の効果を判定するのに妨げにならないかを注目した。

通常ばらつきの程度は標準偏差で知ることが出来るが、通気度と圧縮強度の異なる数値のばらつき具合を比較しやすいように変動係数に変換して考察した。変動係数C Vは、標準偏差をS D、平均値をX mとし、 $C V = (S D / X m) \times 100 (\%)$ で算出した。

4. 実験結果および考察

4-1 通気度

図2は通気度と水分含有量のデータである。グループを3つに分け、2個ずつ試験させたので、各水分で6個のデータが出るがこれを平均したものを、その水分含有量における通気度とした。水分は3種試験したので1グループ3個、4グループで合計12点のグラフである。水分が適正の時は砂粒子のまわりに粘土分が一樣につき、通気度も良好になる。図では水分が少ないほうが通気度が高くあらわれている。この測定値の水分含有量に対する相関係数は $0.591^* > 0.576 = r (10, 0.05)$ で相関があることがわかった。

また各グループごとの全測定値による水分含有量に対する相関係数は表1に示す通りで各グループとも高度に有意であった。これは通気圧力が一定なので測定値がバラツキにくかったと思われる。表2はグループごとの水分量の多少による、3組計6個の通気度の平均測定値である。これが

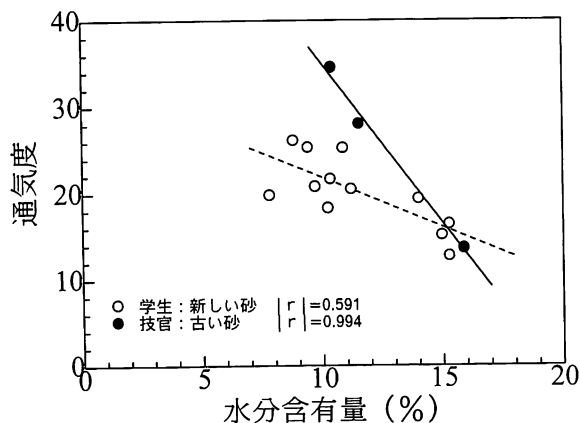


図2 通気度と水分含有量

表1 通気度，圧縮強度と水分含有量の相関分析

グループ	A	B	C	D
相関 通気度	-0.912**	-0.927**	-0.933**	-0.952**
係数 圧縮強度	-0.420	-0.853**	-0.918**	-0.686**
R表 5%有意	0.497	0.497	0.497	0.468
の値 1%有意	0.623	0.623	0.623	0.590

表2 グループごとの測定値の平均

		(通気度)			
		グループ			
		A	B	C	D
水分	多	26.2	25.4	20.8	19.8
	中	25.3	20.5	21.7	18.3
	少	19.4	15.2	16.4	12.8

		(圧縮強度)			
		グループ			
		A	B	C	D
水分	多	0.45	0.56	0.57	0.55
	中	0.46	0.49	0.55	0.54
	少	0.37	0.30	0.35	0.34

ら水分とグループの二元配置の分散分析を行った(表3)。その結果、水分含有量，グループともに高度に有意と判定された。水分が有意であるのは当然であるが、グループによって差があることは予想外であった。調べてみるとこれはグループによってオリフィスを使用したりしなかったりしたためにデータがばらついたことがわかった。

表3 通気度，圧縮強度と水分含有量の二元配置の分散分析表

(通気度)				
要因	平方和	自由度	分散	分散比
水分含有量	111.0	2	55.50	28.6**
グループ	67.7	3	22.60	11.7**
誤差	11.6	6	1.94	
計	190.3	11		

(圧縮強度)				
要因	平方和	自由度	分散	分散比
水分含有量	0.083	2	0.041	22.3**
グループ	0.009	3	0.003	1.56
誤差	0.011	6	0.002	
計	0.103	11		

4-2 圧縮強度

鋳物砂は高温の金属と接するため変質し砂粒子中に含有する結晶水が分解して脆くなり微細化したり，溶湯と化学反応を起こして珪酸鉄やその他の化合物を生ずる。これらは不純物となって砂の性質を害する。図3は圧縮強度と水分含有量の

データである。相関係数は $0.891^{**} > 0.708 = r$ (10, 0.01)で強い相関がある結果になった。

しかし表1のグループごとの相関を見ると、Aグループは相関なし、Dグループは数値上は強い相関がある判定だが数値が -0.686 と他よりも大幅に低い。これは、圧縮試験機が手動のためハンドル操作の違いがデータのバラツキとなって出た結果であると思われる。

表2の圧縮データから、水分とグループの二元配置の分散分析を行った。結果(表3)を見ると、水分含有量については高度に有意で予想される結果であったが、グループ間では差がないことがわかった。

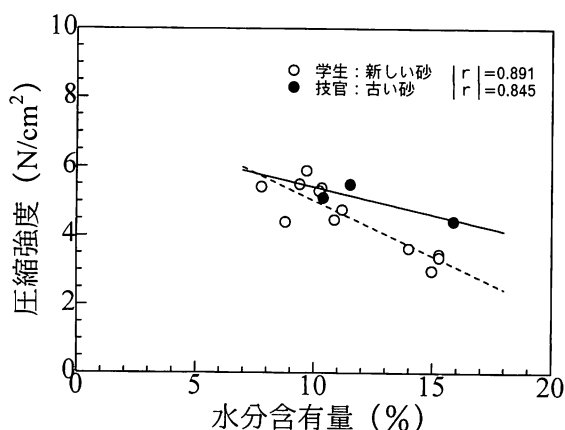


図3 圧縮強度と水分含有量

4-3 鋳物砂の新旧

本校の鋳物砂は学校創設以来同じ物を使用しているの、焼き付きや不純物混入による砂の劣化が心配された。そこで学生には今まで使用していない砂場の砂を掘り出して試験させたが劣化の具合を知るために、使い古した砂についても試験を行った。図2、図3に示すように通気度、圧縮強度ともに、学生の行った新しい砂とは異なる傾向

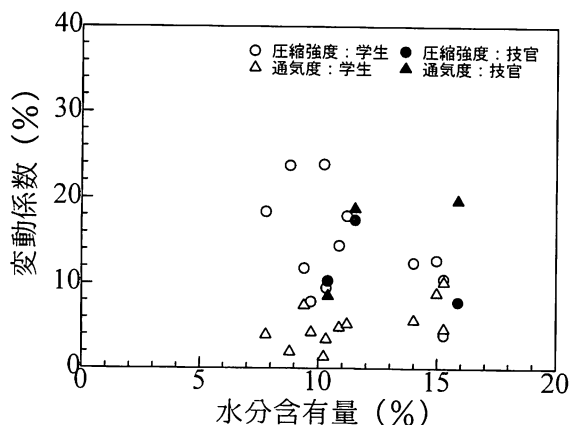


図4 変動係数

と数値を示していた。データ数が十分でないのははっきりしたことは言えないが、水分の少ない場合は古い砂の通気度のほうが高い。また古い砂の強度は水分含有量にあまり大きく変化しない。

図4の変動係数を見ると、古い砂の通気度の変動係数が大きい。圧縮の場合はほぼ新しい砂と変わらない範囲であるが、変動係数の数値が大きく上下している。試験は本校技官がおこなっており学生よりは正しく正確な試験をしているのでこれは、砂の劣化による測定値の変動と考えられる。

4-4 変動係数

図4は変動係数をあらわしたものである。圧縮の変動係数は水分により多少差があるよう(相関係数 $0.625 > F(10, 0.05) = 0.576$)だったが通気度は 0.529 で相関はなかった。また変動係数の総平均は通気度 5.12% 圧縮強度 13.9% で圧縮強度のばらつきが大きいことがわかった。これは圧縮試験機が自動でなかったことによると思われる。

表4はグループごとの変動係数の値である。これをもとに一元配置の分散した結果が表5である。通気度の分散比 0.887 、同圧縮強度 2.79 で共に $F(3, 8, 0.05) = 4.07$ 以下でありグループ

表4 グループごとの変動係数(%)

(通気度)					
		グループ			
		A	B	C	D
番号	1	1.94	7.40	4.24	3.94
	2	4.80	5.23	3.41	1.34
	3	5.63	8.80	4.61	10.13

(圧縮強度)					
		グループ			
		A	B	C	D
番号	1	23.72	11.75	7.82	18.32
	2	14.40	17.85	9.45	23.84
	3	12.39	12.72	3.89	10.46

表5 変動係数の一元配置の分散分析表

(通気度)				
要因	平方和	自由度	分散	分散比 F
グループ間	18.5	3	6.16	0.887
誤差	55.5	8	6.94	
計	74.0	11		

(圧縮強度)				
要因	平方和	自由度	分散	分散比 F
グループ間	202	3	67.2	2.79
誤差	193	8	24.0	
計	395	11		

による測定値のバラツキに相違はなく、測定技術に差がないことがわかった。

5. おわりに

以上をまとめると

- 1) 鋳物砂試験の測定値のバラツキは、変動係数の平均値で13.9%（圧縮強度）、5.12%（通気度）であり、多くの要因によりばらつくが、測定値中には避けられる誤差要因が多くある。
- 2) 通気度のばらつきにくらべ圧縮強度のバラツキが大きいが手動による誤差が影響したものと思われる。
- 3) 変動係数の値は水分含有量にあまり影響を受けない。
- 4) バラツキのある測定値であるが、実験した水分含有量の範囲では圧縮強度および通気度と水分含有量との間には強い相関があることを検出できた。
- 5) 通気度は、実験グループによる実験方法の違いが、測定値の違いとして検出できた。
- 6) 砂の新旧によって圧縮強度、通気度ともに違いがある。
- 7) 実験グループによる変動係数にもバラツキの相違はなく測定技術に差がないことがわかった。

本報をまとめるにあたり実習工場技術専門職員 林忠夫技官、同技術専門職員 蘇武栄治技官、同藤川昇技官、桑原克典技官に多大なる援助をいただきましたことを記し感謝申し上げます。

参考図書および文献

- 1) JIS Z 鋳物砂試験法 日本規格協会
- 2) 機械製作法(1), 窪田雅男他, 森北出版
- 3) わかり易い機械講座 8 鋳造 山内一彦, 明現社
- 4) 品質管理, 佐々木脩, 工業調査会
(平成11年11月30日受理)

