

石動砂の性状について

(附高温度に於ける二三の性質)

池 田 正 夫

On the Properties of Isurugi Sand
(Several Properties at High Temperature)

MASAO IKEDA

In order to introduce Isurugi sand in Hokuriku district of Japan, the author have already reported the results of the measurements made on its permeability, strength, density and stability of the green sand.

In the present experiment, the compressive strength, shapes of sand grains, grain distribution and properties at high temperatures of the same sand have been observed with following results : —

- 1) The chemical analysis shows that the sand consists of comparatively much clay and less silicic matter.
- 2) The sand grains are of rather sub-angular form, mixed with rounded, angular and sub-crystalline ones.
- 3) The desirable amount of the moisture in the sand is 9% for obtaining high compressive strength.
- 4) The stability decreases with temperature, the initial hardness being nearly lost at about 400~500°C.
- 5) The expansion due to heating the sand increases with the moisture and the iron, Aluminium oxides existing.
- 6) The sintering temperature of the sand is rather low, that is 945°C, but this may be elevated by adding carbon powder.

I. 緒 言

「本邦及び満鮮地方に産出する主要鑄物砂原料」⁽¹⁾なる論文に於いて、武智氏は各種の鑄物砂について広範囲に亘つて報告しているが、本県産の石動砂についてはふれていない。手近な所で鑄物砂を安価且容易に入手する事が出来れば、製品価格に及ぼす影響は甚大であり、北陸産の砂就中本砂を紹介する意味で、高岡市商工課の提案によつて、その研究に着手し、湿態に於ける安定度、通気度、比重、抵抗力等について測定し、通気度その他の性質は名古屋砂、大阪砂に比して劣るが、安定度、通気度の最良になるのは水分 8%附近、抗折力の最大となるのは 9%附近である事等について指摘した。これらと併せて耐圧強度と水分、硬度の関係及び高温度に於ける二三の性質を測定し、石動砂に関する性状を明かにせんとした。その結果について報告する。

II. 化学組成

第 1 表に本砂の化学組成を示す、志摩砂の例⁽²⁾を併記して成分上より性質を比較すると、耐火性に関係する珪酸は石動砂が最小で、粘着力即ち成型性を良好ならしめるアルミナは志摩 1 号、2 号の順に多くなり本砂が最大で、従つて通気度が低くなる事が予想される。酸化鉄、石灰は共に耐火性を低下せしめる成分であるが、前者は本砂が最小で、後者は最大である。

第 1 表

	石動砂	志摩 1	志摩 2
珪 酸	67.4%	86.98%	84.70%
アルミナ	8.1%	4.13%	7.80%
酸化鉄	1.7%	5.63%	5.10%
マグネシヤ	—	tr.	0.85%
石 灰	2.2%	0.25%	0.30%
粘 土 分	17.4%	11.0	16.55%

良いが通気度，耐火度が志摩砂より低くなるものと想像される。又粘土分は志摩1号 11.0%，2号 6.55%に比して 17.4% で実際作業に当つては水分の配合に特に注意する必要がある。

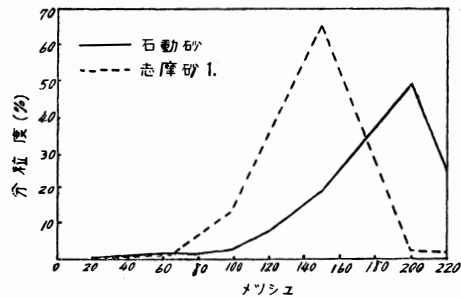
本砂の粒状は押角型を主体としている。これを粒度別に見れば 100 mesh 迄は殆んどが押角型，100~150mesh では押角型と丸味型，150~200mesh では大部分押角型でこれに丸味型，多角型，尖角型を含み，200~250mesh では押角型と多角型の混合に丸味型が点在し，250mesh より細粒の部分は押角型に多角型を相当多量に含んでいる。

IV. 抗 圧 力

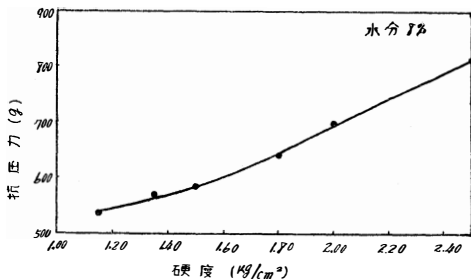
鋳型の変形，型くずれ，掬われに関連のある弾力性の実験方法として抗圧力試験を行つた。試料の搦き固め方法は，通気度試片と同様にして行つたが，A. F. A. の標準法によらず Lever を利用して荷重を加え，搦き固め程度の目安として硬度を採用した。硬度の測定方法は池野氏の報告⁽³⁾している様に Spring に依つて荷重を加え，直径 10mm，長さ 3mm の突起部が没するに要した単位断面積当りの荷重を採用した。抗圧力試験には搦き固め方法が最も問題となるのであるが，所謂標準法によつて居らぬので，他の砂の場合の例と直接比較することは出来ないが，第 2 図に水分との関係を示す。同図に於いて硬度 1.50kg/cm²，2.00kg/cm² 何れの場合に於いても同様の傾向を示し，水分が 6%から増加するにつれて抗圧力も増加し，湿態抗折力の最大になる水分 9%に於いて最大となり，後次第に減少する。実際作業に

III. 粒度分布，粒状

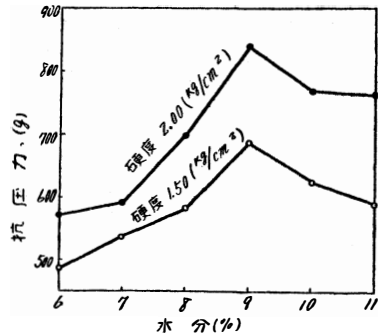
鋳物に及ぼす砂の粒度分布，粒状の影響は甚大で，実際作業に当つては砂の特性を十分に把握し，夫々の作業内容によつて，適当な配合を得る様に考慮しなければならぬ。第 1 図に粒度分布曲線を示す。志摩砂の例を併記比較すれば，志摩砂は 150mesh 附近が最も多く，これに対して石動砂は 200 mesh 附近の細粒の部分が多い。従つて強度，成型性は



第 1 図 分粒曲線



第 3 図 抗圧力と硬度との関係

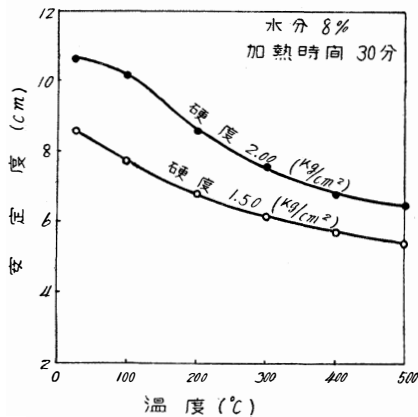


第 2 図 抗圧力と水分との関係

好適な硬度は 2.00kg/cm² と考えられる。第 3 図に水分 8% 一定とした場合の硬度と抗圧力の関係を示す。抗圧力は硬度の増加と共に増大する。

V. 高温安定度

注湯した場合、鑄型表面は短時間に鑄込温度附近まで上昇するものと考えられ、従つて鑄型表面就中湯口附近に、高温度に於ける安定性のない場合には、型くずれ、さしこみ等の現象を惹起し、鑄物の不良の一原因となる。このために鑄型に於ける高温安定度を重視する必要がある。従来の安定度の測定法としては、表面を引掻いて剝離量を測定する寸法、一定量の水銀を滴下して、同様に剝離量を測定する方法、同じく水銀滴下によつて高さから求める方法等が行われているが、本実験に於いては落球試験を行つた。即ち抗圧力の場合と同様の試片を、種々の温度に一定時間加熱し、その表面に一定大きさの球を落下し、表面が荒されるかどうかの限界の高さを以つて安定度とした。尙この場合に於いても搦き固め程度の目安として硬度を採用した。



オ4図 高温安定度曲線

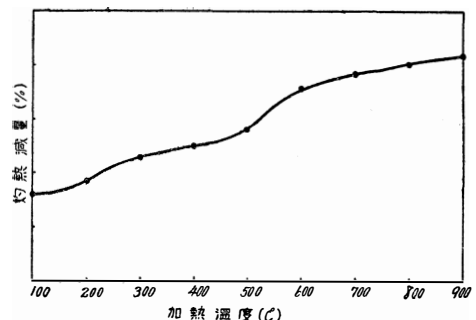
第3図に水分8%・加熱温度範囲を常温から500°C迄変化した場合の安定度を示す。硬度1.50kg/cm²、2.00kg/cm² 何れの場合に於いても温度が上昇するに従つて安定度は低下する。而して砂中の水分の放散する100~200°Cに於いて低下の度は著しく、以後温度の上昇に比してその度は緩やかになる。殊に400~500°Cに於いては温度上昇に比較して安定度の減少の度は少くなる。これは温度上昇に従つて砂表面が次第に固化して来るためと考えられる。又硬度1.50kg/cm²の場合の方が硬度2.00kg/cm²の場合よりその低下率が少く、温度上昇につれて次第に初期硬度差の影響は比較的減少して来る。

VI. 灼熱減量

試料一定量を採り、各温度に一時間加熱し、冷却後にその減量を秤量する方法によつて測定した。

第5図にそれを示す。200°C並びに500~600°C

附近に於いて減量のやや急激な増加が見られる。これは鑄物砂を加熱する際110°C附近に於いて先ず粘土粒子間に吸収されている水分を失い、更に温度が上昇すれば酸化鉄、酸化アルミニウムその他の成分中に化学的に結合している水分を失う現象が認められるが、これが200~300°C附近に於いて起るものと考えられる。又500~600°Cの変化⁽⁴⁾は500°C附近からカオリン中の水分を失い初め、600°C1時間の加熱に於いては全く水分を失うために起る変化と考えられる。尙本砂に於いては温度上昇につれて次第にその色に変化し、200°C附近から次第に赤味を帯び400°C附近では帯赤褐色、900°C1時間の加熱に於いては灰色を呈し、常温の場合とは全く異つた外観を呈した。



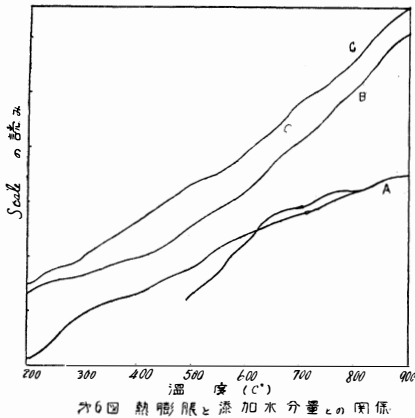
オ5図 灼熱減量曲線

VII. 熱膨脹

鑄物砂の加熱による膨脹収縮は鑄型の破壊、拘われ、照され等に密接な関連があり、熔湯の伸縮に鑄型が順応して呉れるか否かが重要な問題となる。又鑄物砂を繰返し使用する場合に考えられる問題としては、砂の老化、金属中の酸化物の混入等が考えられる。本報に於いては初期添加水分量

並びに砂中に混入した酸化物が熱膨脹に及ぼす影響等について実験を行つた。

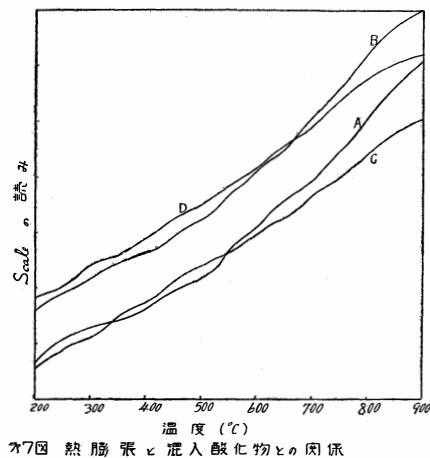
内径 6mm の石英管に砂を搗き固めてその長さを 10cm とし、佐藤式熱膨脹計によつて温度対鏡のフレを取つた。測定結果に影響を与えると考えられる搗き固め程度、加熱速度は可及的に一定に



なる様に努めた。本実験に於ける加熱速度は約 $3^{\circ}\text{C}/\text{min}$ であつた。尚、収縮性のためと思われるが、鏡のフレが余り変化せず試料に龜裂を生ずる現象が測定初期の低温度に於いて認められた。

第6図Aに水分8%の場合に於ける加熱冷却曲線を示す。図に見る様に $200\sim 300^{\circ}\text{C}$ に於いて急激に膨脹しているが、これは先の灼熱減量の場合と同様に結晶粒間の水分、化学的に結合している水分の放出による所謂膨れ

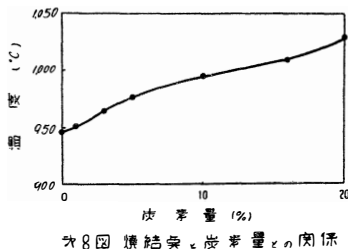
の現象に起因するものと考えられる。又 $500\sim 600^{\circ}\text{C}$ 附近に現われる膨脹は、石英の変態点⁽⁵⁾によることが認められているが、本実験の場合には余り明瞭には認められぬ。同図B.Cに夫々水分12%、15%の場合の加熱曲線を示す。この両者は略々同様な傾向を示しているが先の8%水分添加の場合とはその傾向が幾分異つている。然し乍ら図に見られる様に初期添加水分の増加するに従つて膨脹の度が大きくなることは明瞭である。第7図A.B.C.Dにそれぞれ酸化鉄2%及び5%、アルミナ2%及び5%



%添加し、水分量を8%一定とした場合の膨脹曲線を示す。図に見る如く酸化鉄の増加と共に、膨脹の度は大となり、酸化アルミニウムは逆に2%添加の場合の方が5%の場合よりも膨脹の度は幾分大である。然し乍らA.B.C.D何れの場合も第6図の水分8%の場合に比較して膨脹は大である。

VIII. 焼 結 点

試験方法は武智氏の方法に従つた。即ち直径10mmの試験片を作り、炉中に於いて加熱し、予想される焼結点附近から5分間一定温度に保持し、これを引出してその表面を拡大鏡で検査し、焼結の始まる温度を以て焼結点とした。測定結果によれば本砂の焼結点は 945°C で他の砂、例えば志摩砂、神奈川砂に比してかなり低く、先の灼熱減量の場合に於いて述べた如く、高温加熱による変色が著しく、これは粘土分の多いことにも起因すると思う。



一般に焼結点の高い砂は耐火度も亦それに比例して高いと考えられているが、これによれば、本砂の場合には他の砂に比較して耐火度も亦低いことが考えられる。而して本砂の耐火度は約 1250°C であつた。

炭素を添加することによつて焼結点並びに耐火度を上昇せしめ得ることが一般に知られている。第7図は本砂に炭素を添加した場合の焼結点の上昇の状況を示している。即ち炭素5%位迄は余り大なる影響は認められないが、10%の添加によつて焼結点を約 50° 上昇せしめることが出来る。然し乍ら砂に炭素を添加することは成型性、抗力性は増

加するが、通気性を減小せしめる傾向⁽⁷⁾のあることが指摘されている。焼結点並びに耐火度の低い砂に、唯単にこれらの上昇のみを目的として、多量の炭素を添加するのは種々弊害を伴い、各砂の性質によりそれにも一定の限界がある訳である。

Ⅸ. 総 括

先に主として湿態に於ける諸性質について指摘した点、及び本報に於ける結果より石動砂の性質を要約すれば

- 1) 粒度は細粒の部分が割合によく揃っているが粘土分が多い。
- 2) 粒状は押角型を主体としているが、これに丸味型、多角型、時には尖角型を含む。
- 3) 湿態に於いて安定度、通気度、抗折力等の最良となるのは、水分8%、抗圧力の最大となる水分は約9%である。
- 4) 高温安定度は一般に温度上昇と共に減少し、400~500°C附近より次第に固化し始め初期硬度の影響は次第に減少して来る。
- 5) 灼熱減量は他の砂例えば大阪砂、名古屋砂と比較して大差は認められない。
- 6) 熱膨脹は1%以内で他の砂と大差はない。初期添加水分、酸化物の混入量の増加するにつれて膨脹の度は著しく、従つて適度の水分量を必要とし、又酸化物の砂中に混入するのを極力さげねばならない。
- 7) 焼結点は他の性質からも予想される様に、他の砂に比して低く、炭素10%の添加により約50°の上昇を期待し得るが、他の性質、例えば通気性に及ぼす影響等よりそれにも一定の限界がある。

終りに臨み種々御指導を賜つた工学部長石原寅次郎先生、東京工業大学森永卓一先生に衷心より御礼申し上げます。

文 献

- (1) 武智 鋳物 13 (1941), 9, 10, 11, 15 ; 14 (1942), 1, 2
- (2) 三重県金属試験場調査 鋳物 23 (1951), 10
- (3) 池野 日本金属学会誌 B-15 (1951), 5
- (4) Nilsson The Foundry 61 (1933), 3
- (5) 松塚 鉄と鋼 20 (1932), 2
- (6) 武智 鋳物 13 (1941), 9
- (7) 武智 鋳物 6 (1934), 6 ; 6 (1934), 8
中城 金沢 鋳物 24 (1952), 1

その他

大野著 鋳物砂 丸善刊