

「シュメルツバサルト」の定盤用材料としての 適 応 性 (1)

田 村 虎 雄*, 森 重 修 一*

The adaptability for the material of surface plate "Schmelz Basalt"

Torao Tamura and Shuichi Morisige

Abstract

The pervasion of surface plate stones, which began to be used towards the Second World War, has been remarkable, and now the production of stone surface plates is said to be equal to that of cast iron surface plates heretofore in use.

The reason is that stone surface plates are more profitable than iron surface plates partly because the former is strong against heat and is hard to transform for natural products, and partly because the former is chemically strong and hard with rockforming minerals in it. On the other hand, surface plate stones have many faults.

Schmelz Basalt which we have studied is a material made from melted Basalt. Therefore it seems to have a good point of iron and to be easy to cast and form, so we tried investigating whether this is the material adaptable for surface plates.

As the fundamental experiment for this purpose, this time we have examined the specific gravity, the coefficient expansion, the anticorrosive nature, the hardness and the influence of scratch trace on planes, and compared them with those of cast iron and other stone materials. As the result, we have gained a rather satisfactory effect for using as the material of surface plate.

1. ま え が き

従来定盤の材料としてはほとんど鑄鉄が用いられて来たが、第2次大戦中に始った石材（花こう岩）の使用は、その利点を認められ、1953年ごろより急速に需要が伸び、現在アメリカでの生産量は鑄鉄・石材半々で将来はさらに石材の方が増加するであろうことが報告されている¹⁾。

定盤材規定については、JIS 精密鑄鉄定盤に「品質均一で、巣・ピンホール・割れなどの有害な欠点のないもの」とあり、BSでは石材について「花こう岩、輝緑岩、粗粒玄武岩は定盤の材料として用いられる。岩石は粒が細密で、組織は均等で、緻密できずも割れもなく軟かい物質が介在してはならない」など、他にアメリカでもGGG-P-463にしそ斑れい岩、輝緑岩、黒雲母花こう岩に関する規格があるが、現在一般に黒みかげと呼ばれ

ているものは、黒雲母花こう岩を除く斑れい岩、輝緑岩などであり造岩物質は斜長石、輝石が主体となり、他にかんらん石、磁鉄鉱などで構成されている玄武岩質のものである。

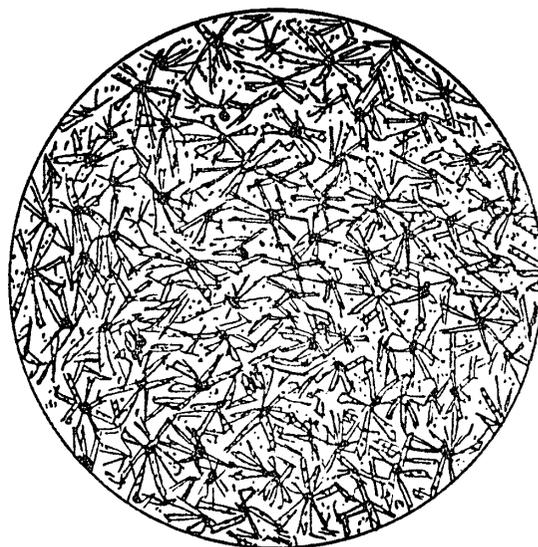
石材は鑄鉄に比し、1)さびない、2)鑄鉄より固いので耐摩性がある、3)温度の変化に対し鈍感である、4)自然枯しがなされているので安定性がある、5)きずがついてもマクれないから平面度が害されない、6)使用面の修正費が鑄鉄製定盤より安価である。という利点があるが、その反面組織の緻密さの要求また節理・石目などのないことなどを考えれば、おのずと大きさに制限がある。

今回著者らが定盤材として取り上げたシュメルツバサルトは、国内産の玄武岩碎石を熔融し、成形自然冷却後さらに900°Cで熱処理をすることにより、結晶化を規則的に進めた鑄造石である。図1。これらはすぐれた耐摩性を有し現在高マンガン鋼、高炭素鋼材の代用として、

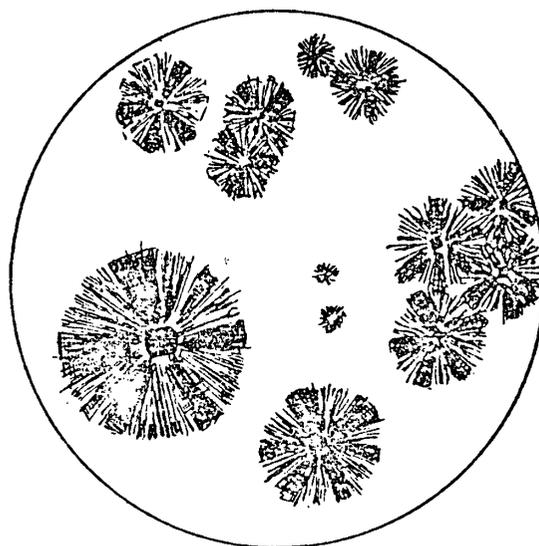
*宇部工業高等専門学校機械工学教室



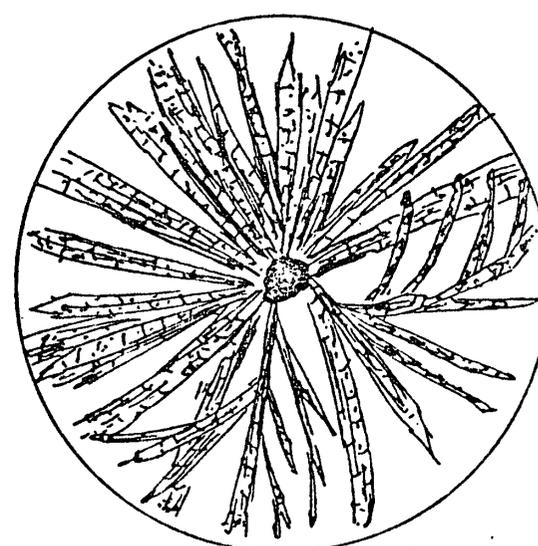
原鉱普通輝石玄武岩



完全球状化シュメルツバサルト

1000 μ

結晶化の初期段階

1000 μ

結晶化の終期

図1 玄武岩溶融における結晶化の発達

また耐蝕材として各種ホッパー、バンカー、ドラムミル、サイクロン、輸送管のライニング用として使用されている。

したがって、この材料は石材の利点と鑄造による成形の容易さを合せ持つと考えられるので、定盤材料として

の適否を他材料と比較検討する。そのために、基本的な性質としてまず一般的性質および機械的性質を取り上げ、それを砂型鑄造、金型鑄造、遠心鑄造によりつくられた3種の製品についてしらべた。その結果耐蝕性、きず跡の平面度に及ぼす影響などについて現在使用されて

いる石材よりすぐれた点をもつことがわかった。

ただ自然に産出されただけの石材においては生じない特異な点は、玄武岩が塩基性噴出岩であるためか、または鑄造時の温度に原因があるのか明確ではないが、成形の際多数の気泡が残っていることである。したがって著者らはことごとくを考慮しながら実験を行った。

2. 試料

シュメルツバサルトの製品は溶融した玄武岩を注入する際に分けた砂形、金形によるプレートと、800RPMの遠心鑄造によるパイプとであり、大きさはプレートの場合一辺の最大長さ250mm、最小厚み30mm、パイプでは最大外径300mm、最小厚み30mmである。今回使用した試料は普通製造されている247mm×197mm×33mmのプレートと、外径120mm、140mm、160mm、180mm、厚さ各30mmのパイプである。ただし、表面は約2mmのガラス質でおおわれているため、これを除いたものについて測定を行った。

なお鑄造時発生した気泡によるピンホールは、砂形・金形については注入時の下面（使用面）より上面側の方が直径がやや大きいが、ほぼ均一に存在することが認められ、遠心鑄造については外径側では殆んど肉眼で見ることが困難な程度の大きさであるが、内径側では内側より5～7mmあたりで急に数が増し、直径も大きくなっている。

3. シュメルツバサルトの一般的性質

3.1 比重

一般に石材の比重はその産地による造岩物質の差異に起因する相違があり、水を利用して算出しようとするとき石材に存在する気孔の中に水分が含まれるために注意する必要があるが、シュメルツバサルトは鑄造石であることから連続した気孔がまったくなく、その必要はない。

表1 定盤用石材と鑄鉄の比重

深成岩			半深成岩	噴出岩		鑄鉄
酸性岩	中性岩	塩基性岩	塩基性岩	塩基性岩		
花こう岩	閃緑岩	斑れい岩	輝緑岩	シュメルツバサルト		
				プレート	パイプ	
2.50 ～ 2.58	2.56 ～ 2.85	2.92	2.63 ～ 2.77	2.85	2.92	7.27

表1は各種火成岩と鑄鉄を比較したものであるが、石

材の内では酸性岩よりも塩基性岩の比重が大きい。これは塩基性岩には造岩物質として比較的比重の大きいかんらん石や輝石が含まれるのに対し、酸性岩には正長石や雲母等の比重の小さいものが含まれているものと思われる²⁾。またシュメルツバサルトにおいては砂形・金形によるプレートより遠心鑄造によるパイプの比重が大である。これはプレートにはピンホールが介在するが、遠心鑄造の場合にはパイプの切断試料を表層に近いピンホールのほとんど見当たらない部分から採取したことに起因すると考える。その理由はピンホールの原因である空洞の体積を考慮した修正比重が2.98となり、パイプのそれにほぼ近い値を示すためである。

3.2 熱膨張係数

試料はプレートにおいては水平、垂直方向、パイプでは半径、円周、軸方向に5×5×30mmの棒状に切断製作し、温度を20℃～350℃として得られた結果を他の定盤用石材および鑄鉄と比較したのが表2である。これに

表2 定盤用石材と鑄鉄の熱膨張係数 10⁻⁶/℃

花こう岩	斑れい岩	シュメルツバサルト	鑄鉄
8.3～8.6	5.4～7.6	7.92～8.86	10～11

よるとシュメルツバサルトの熱膨張係数は斑れい岩より高く、花こう岩または鑄鉄に近い値を示している。

また採取方向については、プレートの水平垂直方向が7.92から7.94の間に、パイプの半径、円周、軸方向が8.55から8.86の間にあり、プレートとパイプではやや差が認められるが、注入成形時の流れ方向による差の殆んどないことがわかった。

3.3 かたさ

一般に岩石のかたさはモースかたさによって表わされることが多いが、経験的な主観が多分に加味され、また小さなかたさ変化を表わすことが難かしく好ましくない。これに対し金属のかたさを測定するにはブリネル、ロックウェル、ビッカースかたさ試験機などがあるが、石材の抗折力の低さからみると、大荷重であることは石材を破碎するおそれがあり、また測定端が角錐であることはダイヤモンドの圧痕がくずれて明白にならないなどの難点がある。

さて定盤のかたさとしては、その使用面において一様なかたさであることが望ましいが、石材においてはかた

さの異なった造岩粒子がある程度の大きさを持つため、各粒子を測定する場合は微小かたさ試験機でもよいが、無作為に測定したときにはかたよるおそれもあり、それよりも面での接触により粒子にまたがる形で測定できるものにショアかたさ試験機があるため、これを使用することにした。

参考となるべきものに、アメリカ黒みかげ定盤の規格において、表3・1に示すごとく黒みかげ定盤の級別を

表3・1 黒みかげ定盤のショアかたさ (アメリカ規格)

級 別	AまたはB 級(最小のかたさ)	A 級(平均のかたさ)
1	90	90
2 ⁽¹⁾	64	90
2 ⁽²⁾	64	90

級別2⁽¹⁾ 2⁽²⁾ は圧縮強さによって区別される。

ショアかたさの最小値および平均値によって区別したものがあ

ここで取り上げた試料(砂型、金型、遠心鑄造による3種類)が普通の石材と比較して深さ方向にどのような特性を有するかを調べるため、使用面に対し直角に切断し、各表層に存在するガラス層を除いた面より下側または内側に向けて2mm間隔の点を取りそれを測定点として定めた。その周辺10点の平均をその点のかたさとして示したものが表3・2である。

表3・2 シュメルツバサルプレートの使用面からの深さによるかたさ変化

深さmm	砂 型	金 型	深さmm	砂 型	金 型
2	105	107	14	104	109
4	114	104	16	103	109
6	116	106	18	115	108
8	113	101	20	117	106
10	117	111	22	114	105
12	107	110	24	120	106

なお遠心鑄造のパイプでは、現在製造されている直径の大きさに限度があり、定盤面としてある広さの平面を得るためには図2のごとく円弧表面を弦的に切断するしかない。したがってでき上った平面各位置においては、外周からの距離が異なってくるため、かたさを測定する方向として内側(中心測)に向けて測定点をとることに

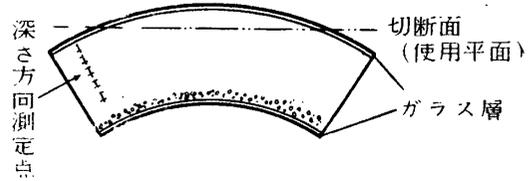


図2 遠心鑄造法によるパイプの軸直角断面

した。

また定盤の使用面と考えるガラス層を除いたあとの面については、任意に10mm×3mmの大きさを10ヶ所とり、同一箇所において上と同じく10点ずつ測定した。

表3・3 シュメルツバサルトの鑄造法別かたさ

かたさ	鑄造別		
	砂型鑄造	金型鑄造	遠心鑄造
最大かたさ	120	111	121
最小かたさ	102	101	93
平均かたさ	112	107	111

表3・3は深さ(内側)方向および表面各位置における測定結果をまとめ最大かたさ、最小かたさ、平均かたさの値を示したものである。

表3・4 鑄鉄および石材定盤のかたさ³⁾

ショアかたさ	定盤材質				
	輝緑岩イギリス	花こう岩茨城県	斑れい岩山口県	せん緑岩茨城県	鑄鉄F製作所
最大かたさ	123	110	107	118	40
最小かたさ	60	75	73	67	37
平均かたさ	100	98	93	97	38

齊藤³⁾は表3・4に示すごとく、現在製作されている石材定盤の各種すなわちイギリス製輝緑岩定盤、茨城県産花こう岩および同せん緑岩定盤、山口県産斑れい岩定盤、F製作所製精密鑄鉄製定盤の使用面に対し、おのおの54箇所をショアかたさ試験機で測定し、その結果を報告次のことを指摘している。すなわち

(1) ショアかたさは輝緑岩、花こう岩、せん緑岩、斑れい岩および鑄鉄の順に小さくなっており、石材定盤のかたさは鑄鉄定盤のかたさの2倍以上である。

(2) 輝緑岩定盤のかたさの最大のもは輝緑岩の特有な ophitic 組織によるものであろうし、花こう岩定盤がせん緑岩および斑れい岩定盤よりかたさの大きく現れているのは、石英が花こう岩組織にかなりの割合で分布していることに原因するであろう。

シュメルツバサルとこれらの石材とを比較してみる

と、平均かたさにおいてそのどれよりもすぐれていることがわかる。遠心鑄造の最小かたさがいく分低目であるが、これはパイプの内径に近い部分の値であって、外側より10mm以内では最小かたさ110、平均かたさ114で用い方によってはプレートより高い値と考えることができる。このかたさはシュメルツバサルトの主成鉱物である輝石類が微細な星状構造に均一に発達した組織によってもたらされるものである。

図3はパイプの直径差によるかたさの変化を示したも

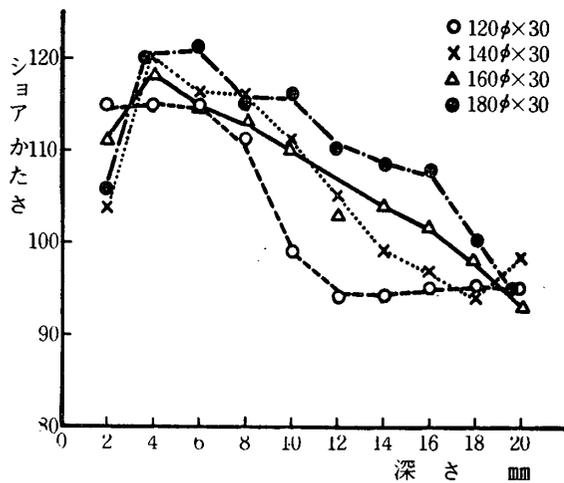


図3 直径差による深さ方向のかたさ変化
(遠心鑄造)

のである。厚さ30mm 外径120, 140, 160, 180mmで回転数はいずれも800rpm 一定の製品であって、遠心力による密度変化に関連すると思われるかたさ変化を調べた。

層内に点在するピンホールはそれ自体の外周が薄いガラス層で構成されているので、この数量の多少によるかたさへの関連性を考えて、数および面積測定をおこなったところ、砂型・金型鑄造のプレートには表3・2に見られるように相関性が認められなかったが、遠心鑄造のパイプでは半径の減少にともないピンホール数および面積が、特に内面部に近い位置において極端に増加し、かたさは低下した。

3.4 耐 蝕 性

石材定盤は機械工場において、けがきや心出し用に使われるほか、化学工場および油類を禁ずる食品工場などにも広く利用される傾向にあるが、これらの諸工場において石材定盤を使用する際に考慮しなければならないのは石材の耐蝕性である。著者らはこの考えに従って、斉藤の行った腐蝕減量に対する方法⁴⁾を参考にして海

水、5%硫酸溶液、かせいソーダ50%溶液、硫酸ナトリウム飽和溶液中にシュメルツバサルトの試料を常温で長時間浸して時間とともに腐蝕されていく状態を、試験片の重量変化によって観察した。

試料はできるだけ同寸法のもを金型鑄造プレート、遠心鑄造のパイプより、おのおの使用面および深さ方向に長めの直方体として採取し、各面を研削仕上げして使用した。各溶液は200ccをビーカーに入れ、試料を浸し一定時間(5%硫酸溶液、かせいソーダ溶液、海水については240h、硫酸ナトリウム溶液に対しては180h)後に取り出し、海水と5%硫酸溶液に対してはエーテルで洗浄後、またかせいソーダ溶液と硫酸ナトリウム溶液については水洗後エーテル洗浄した後に30分ヒーター上で乾燥した。使用したてんびんは容量100g、感量0.1mgである。

このようにして測定を行った結果、海水については全く減量が認められなかったが、5%硫酸溶液に対しては平均0.03%、硫酸ナトリウム溶液に対しては平均0.01%、かせいソーダ溶液に対しては平均0.02%の減量が認められた。比較のため、斉藤の行った鑄鉄および石材の硫酸および硫酸ナトリウム液に対する減量値とともに表4・1、表4・2に示す。

3.5 一般的性質に対する考察

3.5.1 比重および熱膨張係数

一般に定盤用石材の比重は、前述したように産地による造岩鉱物の差異のために、表1にあるように同じ名称の石材においてもある幅をもっており、輝緑岩においてもヨハンソン社製の石材定盤では3.04の高値を示すが、およそ2.5~3.0の間にあるとみてよい。シュメルツバサルトはそのうちで最も高い方であるが、いずれにしても石材の比重は鑄鉄のその約 $\frac{1}{2}$ ~ $\frac{1}{3}$ である。

このことは定盤として取扱いの上から、軽いことは持ち運びの点から考えると利点で、時折り室内で移動させることのある小形精密定盤または単に平らな台として手軽に扱う場合に便利がよい。しかし使用面をできるだけ平面に近い状態に保つための3点による支持法からすると、対角線の端に重量物が載った場合、2つのささえ点を結ぶ線を軸として簡単に傾いてしまう欠点をもつ。したがって石材定盤の場合他にも理由はあがるが、鑄鉄製のようにリップを使う形式をとらないのかふつつである。

シュメルツバサルトは以上の点から考えて、定盤が大形になったときでも、普通の石材定盤の場合には重量が比例的に増大するが、鑄造するために成形の自由がある

から、鋳鉄製のようにリップ補強の形式をとることで重量を軽くできる利点がある。

熱膨張係数では、他の2つの定盤用石材と比較したときほぼ花こう岩に近い値を示しているが、その値はプレート：7.92~7.94、パイプ：8.55~8.86と差が見られる。顕微鏡組織では微細な星状構造に発達した組織に変りはないので、この差は比重における場合と同様に中に含まれる空洞（表面ではピンホール）によるものと考えられる。

3.5.2 かたさ

シュメルツバサルトの最大の特徴はかたさにある。著者らが測定した結果では93~121と製造会社の製品紹介資料²⁾にある87~100よりも大きく、表3・4から見られるように他の定盤用石材にくらべ平均かたさにおいて最も大きい。測定の際考慮しなくてはならぬことに測定方法があるが、シュメルツバサルトは他の石材と異なり比較的あらい結晶粒子に対して扱う考慮が不要である。このことは同一材料（プレート）から得られた深さ方向の測定値と使用平面に対する測定値との間にとび離れた差のないことから言える。

それよりも注意が必要であるのはピンホールの影響である。前にも述べたように空洞の周囲は薄いガラス質でおおわれているため、その切断面が使用平面に出て、シヨアかたさ試験機の圧子がガラス質にまたがる場合には高い値が、またに穴にまたがる場合には低い値がでる可能性がある。著者らが行った測定の場合にも、そのような場合が認められたが、その値はほぼ判別ができる大きさであるため除外してある。

図3におけるパイプの直径差と深さ方向における値の変化は、直径が大なるほどかたさは大きく、また中心に向かって減少することをよく表わしている。おおよそ表面より3~4mmあたりから8~10mmあたりまでが、かたさが一定であることは、遠心鋳造法を定盤の製作に適用するとき、平面をつくるための円弧の切断が、このあたりまで良いことを示している。

3.5.3 耐 蝕 性

石材が時間とともに腐蝕されて行く状態を酸（5%硫酸液）アルカリ（かせいソーダ50%溶液）塩酸ナトリウム飽和溶液）および雨水（海水）について重量変化を観察した。斉藤の著書⁷⁾では海水およびかせいソーダ50%溶液について石材ではほとんど減量が認められなかったとしているが、著者らのシュメルツバサルトの実験にお

いては240h後かせいソーダ溶液で0.02%の減量が認められた。この理由は造岩物質のちがいによる影響だけでなく、てんびんの精度において5mgと0.1mgの差が影響しているものと考えられる。表4・1、表4・2からみる

表4・1 5%硫酸溶液に対する減量 (g)

試 験 片	最初の重量	240h 後		
		重量	減量	減量割合(%)
鋳 鉄	36.70	12.87	23.83	65.0
花 こう 岩	18.84	18.76	0.08	0.42
せ ん 緑 岩	20.66	18.42	2.24	10.8
斑 れ い 岩	21.14	20.90	0.24	1.13
シュメルツバサルト	16.36	16.35	0.01 以下	0.03

表4・2 硫酸ナトリウム飽和溶液に対する減量 (g)

試 験 片	最初の重量	180h 後		
		重量	減量	減量割合(%)
鋳 鉄	34.76	34.75	0.01	0.029
花 こう 岩	10.04	10.03	0.01	0.050
せ ん 緑 岩	10.51	10.50	0.01	0.048
斑 れ い 岩	11.19	11.19	0	0
シュメルツバサルト	20.34	20.33	0.01 以下	0.01

と石材は塩類に対し鋳鉄とほとんど変らぬ耐蝕性がみられ、酸に対しても鋳鉄の1/3以下の強さを見せており、その中でもシュメルツバサルトはよい耐蝕性を示している。著者らはシュメルツバサルトについてさらに長時間腐蝕実験を進めたが、720h後においても海水では重量変化なく、かせいソーダ溶液では240h後の1.5倍0.03%、硫酸溶液では2倍の0.06%、硫酸ナトリウム溶液においても2倍の0.02%の強い耐蝕性を示した。

4. シュメルツバサルトの機械的性質

4.1 平面度に及ぼすきず路の影響

使用している定盤の面にきずが生じた場合、そのきず跡にまくれが生じるようでは使用面の平面度が害され、精密定盤としての本質を失うおそれが十分ある。きずの原因としてはけがき針のような突起物による引っかききずや定盤上の砂・鉄屑が、その上におかれた工具類の移動によって生じさせられるものなどがある。

さて金属の表面にきずが生じた場合、そのきず跡すなわちきずの周辺に金属がもり上る傾向はじん性の大きい金属ほどいちじるしく、もろい金属ほど少ない。

このことから考えると石材定盤ではもり上りは殆んどないものと考えられるが、その実情を確かめる必要があり引っかかり試験を行うこととした。

4.2 引っかかり試験

4.2.1 試験装置および試料

引っかかりかたさ試験としては円すい形や角すい形や角すい形をした圧子に荷重を加え、試料に押しつけ試験面に沿って圧子を移動させ引っかかりきずをつけ、そのきずの大小や一定幅のきずを生じる荷重によりかたさを測定するものがあるが、今回著者らが行う実験は上記と異なり、引っかかり深さともり上りを測定しようとするものである。そのための試験装置を図4・1に示す。引っかかり

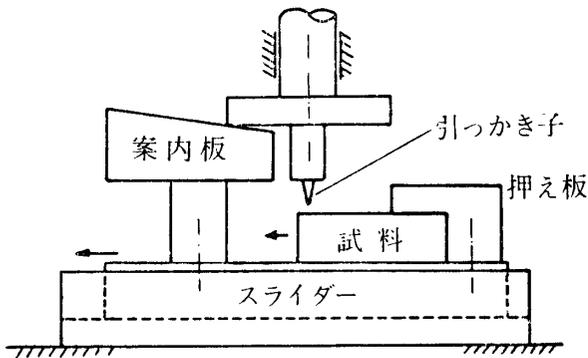


図4.1 引っかかり試験機

子は円筒先端につけられ、円筒はかるく上下動き最上部に荷重をかける。円筒下部のフランジは、試料と同時に移動できる勾配をもった案内に載っており、試料が移動することによって引っかかり子は滑り込むように試料と接触し荷重がかかるようにした。

使用した引っかかり子は

鋼針：先端曲率半径 8.5μ 円すい角 27° のレコード針 (平均硬度 $H_v=820$)……鉄屑代用

超硬刃先：すくい角 0 度の面の先端半径 7μ 面角 80° ……砂代用

試料については比較のため軟鋼 (SS41)、鋳鉄 (FC20)、ミーハナイト鋳鉄、斑れい岩、シュメルツバサルトの5種とし、荷重については鋼針では $100\sim 1000g$ 、超硬刃先では $200\sim 1000g$ 。試料移動速度はふつう定盤上において工具類の移動が行われる時のことを考え、そのうちでも低速度と考えられる 4 cm/秒 とした。

4.2.2 試験結果および考察

鋼針の場合、鉄屑代用と考えたため先端曲率半径を鋭利に小さくしたが、そのために荷重は $1000g$ までとした。しかしこの条件でも斑れい岩およびシュメルツバサルトにおいては明確なきず跡を見ることができなかった。それ以上の荷重をかけた実験も行ったが先端が折損したため、鋼針による引っかかりは中止した。図4・2に超硬刃

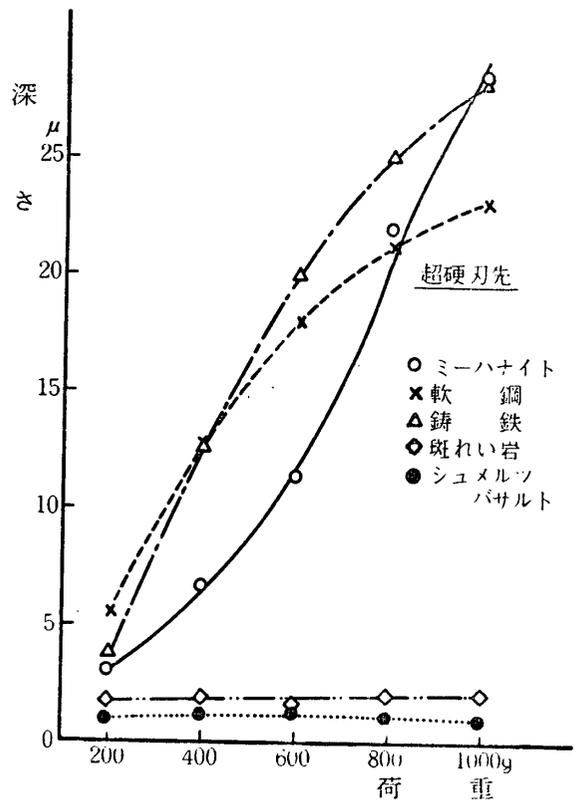


図4.2 引っかかり深さの変化

先による引っかかり深さ変化を示す。刃先による引っかかりは切削状態になるためか、深さが一様でなくそのため平均深さをとった。これからみると金属では荷重の増加に比例してその深さは増し、鋳鉄製定盤においては塵あい特に砂のようなかたさの高い物質に対し注意する必要があることがよくわかる。これに反し石材では荷重が増加しても、その深さはほとんど変化なく、荷重 $1000g$ においてさえその大きさは斑れい岩で 2.2μ 、シュメルツバサルトにおいては 1.0μ 程度で最小である。

荷重 $600g$ における断面形状を図4・3に示すが、このときの引っかかり深さは平均値で、鋳鉄 20μ 、軟鋼 18μ 、ミーハナイト鋳鉄 12μ 、斑れい岩 1.8μ 、シュメルツバサルト 1.2μ であり、もり上りは金属では平均 $4\sim 4.5\mu$ 、最高 6μ 程度の大きな値であるので、当然この程度でも

