

附録 2 試験手順、関連器具及びその基準

1 液状化又は動的分離する貨物の試験方法及び装置

運送許容水分値(TML)に関する試験方法は、現在のところ 6 つの試験法が一般的に使用されている。

.1 フローテーブル試験法

.2 貫入試験法

.3 プロクター／ファガベリ試験法

個々の試験法は、それぞれ利点を持っているので、試験法の選択は、各地域の事情又は適切な当局により決定されなければならない。

.4 鉄鉱粉用修正プロクター／ファガベリ試験法

.5 石炭用修正プロクター／ファガベリ試験法

.6 ボーキサイト用修正プロクター／ファガベリ試験法

1.1 フローテーブル試験

1.1.1 目的

フローテーブルは一般に鉱物精鉱または最大粒径が 1 mm のその他の微細物質に適する。また、最大粒径が 7 mm までの物質にも適用できる場合がある。これより粗い物質には適さず、粘土含有量の高い一部の物質には適当な結果を与えない恐れがある。フローテーブル試験が問題の物質に適さない場合、荷役国の主管庁に承認された方法を採用すること。

以下で規定する試験は、以下を決定するものである。

- .1 貨物の試料（以下「試験対象物質」と呼ぶ。）の水分値
- .2 フローテーブル装置の衝撃または繰り返し力下における試験対象物質の流動水分値 (FMP)
- .3 試験対象物質の運送許容水分値

1.1.2 試験装置（図 1.1.2 参照）

- .1 標準フローテーブルとフレーム（ASTM Designation (C230-68) – 第 3 章参照）

注： この Annex の末尾に、第 3 章の試験装置の図（Figure 3）を掲載する。

- .2 フローテーブルの取り付け（ASTM Designation (C230-68) – 第 3 章参照）
- .3 モールド（型枠）（ASTM Designation (C230-68) – 第 3 章参照）
- .4 タンパー（図 1.1.2.4 参照）：必要なタンピング圧力は、校正済みのバネ仕掛けのタンパー（図 1.1.2.4 に例示）、または、直径 30mm のタンパーヘッドを介して制御された圧力を加えることができるその他の適切な設計のタンパーにより与えられる。
- .5 天秤と錘（ASTM Designation (C109-73) – 第 3 章参照）及び適当な試料容器
- .6 ガラス製のメスシリンダー（容量：100～200ml）とビュレット（容量：10ml）。
- .7 直径約 30cm の半球形のみキシングボウル、ゴム手袋、乾燥皿またはフライパン。これらに代えて、同程度の容量の自動ミキサーを攪拌に使用することもできる。この場合、機械式ミキ

サーが試験対象物質の粒径を小さくしないよう、また、コンシステンシー¹を低下させないように注意すること。

.8 約 110°C までの温度制御できる高温乾燥機。空気循環を伴わないもの。



図 1.1.2 – フローテーブル及び関係器具

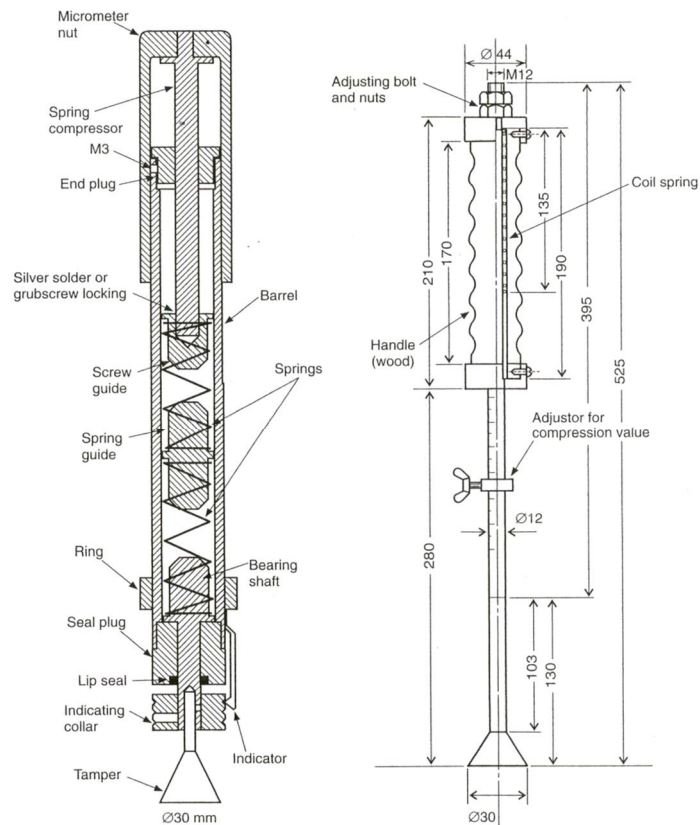


図 1.1.2.4 – バネ式タンパーの例

¹ consistency : 変形や流動に対する抵抗の度合。土のコンシステンシー限界とは、液性限界、塑性限界、収縮限界等、含水比による状態変化の境界の含水比の総称である。

1.1.3 温度と湿度

試料が過度の温度、気流、湿度の変動から保護される部屋で作業することが望ましい。試料の準備と試験の全ての段階は、水分の損失を最小限に抑えるのに妥当な時間内に実施すること。いずれにせよ一日で完了すること。可能であれば、試料容器はプラスチック膜または他の適切なカバーで覆うこと。

1.1.4 手順

流動水分試験に必要な物質の量は、試験する物質の比重によって異なる。石炭の約 2 kg から鉱物精鉱の 3 kg の範囲になる。出荷される貨物を代表する試料を採取すること。経験的には、試料の水分値を FMP に向けて減らすより、増やしていく方が、正確な試験結果が得られる。そのため、予備的な流動水分試験を実施することが勧められる。この試験は一般に以下の手順で実際され、この試験によって、試料の条件、即ち、水の量、及び、本試験に先立って加える水の量または水分値を減らすための空気乾燥の程度を特定できる。

1.1.4.1 試験用試料の準備

試験対象物質の代表試料をミキシングボウルに入れ、完全に攪拌する。三つのサブサンプル (A)、(B) 及び (C) を以下の通りミキシングボウルから取り出す。試料の約 5 分の 1 のサブサンプル(A) は、すぐに計量し、高温乾燥機に入れ「到着時」の試料の水分値を測定する。次に、試料総質量の約 5 分の 2 の二つのサブサンプルを取り出す。(B) は予備的流動水分値試験用、(C) は主流動水分値試験用である。

.1 モールドへの試料の充填：モールドはフローテーブルの中央に配置され、ミキシングボウルから取り出した物質で、3 段階で充填される。最初の物質の挿入は、タンピング後の深さがモールドの約 3 分の 1 まで充填することを目的とする。これを達成するための試料の量は、物質毎に異なるが、試験対象物質の詰め込みに係る特性について、ある程度の経験をつめば分かる。二番目の試料の挿入は、タンピング後の深さがモールドの約 3 分の 2 まで充填されるようにし、最後の試料の挿入では、タンピング後にモールド頂部のちょうど下まで充填されるようにする。

.2 タンピング方法：タンピングの目的は、試験される物質の締固めの度合いを、船上の貨物の底部におけるものと同程度にすることである。適正なタンピング圧力は、以下により計算される。

$$\begin{aligned} \text{タンピング圧力 (Pa)} &= \text{貨物の見かけ密度 (kg/m}^3\text{)} \\ &\times \text{貨物の最大深さ (m)} \\ &\times \text{重力加速度 (m/s}^2\text{)} \end{aligned}$$

見かけ密度は、ASTM 規格 D-698 または JIS-A-1210 にあるプロクターC の装置を用いて、船積み時の水分値を有する一つの試料に対する一回の試験で計測できる。

タンピング圧力を計算する際には、もし貨物の積み付け深さに関する情報が得られない場合、あり得る最大の深さを用いること。

または、圧力は表 1.1.4.1 から推定しても良い。

タンピング動作の回数（毎回正しく一定の圧力を加えた場合）は、各層において均一に平坦な表面を完全に実現するため試料の縁まで全体を連続的にタンピングした場合、底部の層で約 35 回、中間の層で約 25 回、最上層で約 20 回となる。

.3 モールドの取り外し：モールドが緩むまで横を軽く叩き（モールドを取り外し）円錐台の形をした試料をテーブル上に残す。

表 1.1.4.1

Typical cargo	見かけ 密度 (kg/m ³)	貨物の最大深さ			
		2 m	5 m	10 m	20 m
		<----- タンパー圧力 (kPa) ----->			
石炭	1,000	20 (1.4)	50 (3.5)	100 (7.1)	200 (14.1)
金属鉱石	2,000	40 (2.8)	100 (7.1)	200 (14.1)	400 (28.3)
鉄精鉱	3,000	60 (4.2)	150 (10.6)	300 (21.2)	600 (42.4)
鉛精鉱	4,000	80 (5.7)	200 (14.1)	400 (28.3)	800 (56.5)
	5,000	100 (7.1)	250 (17.7)	500 (35.3)	1,000 (70.7)
(括弧内の値は、直径 30 mm のタンパーヘッドを介して適用する場合の同等の kgf である。)					

1.1.4.2 予備的流動水分値試験

.1 モールドを取り外した直後に、毎分 25 回の速さで 50 回、フローテーブルは 12.5 mm の高さまで持ち上げられ落下させられる。試料の水分値が FMP より低い場合、通常、テーブルが連続して落下すると、割れてバラバラになる（図 1.1.4-3 を参照）。

.2 この時点で、フローテーブルは停止され、試料がミキシングボウルに戻される。そこで 5 ~ 10 ml 場合によってはそれ以上の水が表面に撒かれ、ゴム手袋をはめた指または自動ミキサーにより完全に混ぜられる。モールドに再び試料が充填され、フローテーブルは 1.1.4.2.1 の説明の通りに最大 50 回落下させられる。流動状態が発生しない場合は、流動状態に達するまで水をさらに追加してこのプロセスを繰り返す。

.3 流動状態の識別：フローテーブルの衝撃動作は、粒子の再配列による締固めを引き起こす。その結果、任意の水準で物質に含まれる水分の体積（不変）の総体積に対するパーセンテージは増加する。試料の水分値と締固めが、塑性変形が発生するような飽和水準を引き起こした時、流動状態に達したと見なされる²。この時、試料の斜面の形状が変化し凹凸が出来る（図 1.1.4-4 を参照）。

フローテーブルの繰返し動作により、試料は変形し易くなり（slump³）続け、外側に流れる。物質によっては、上面にも亀裂が発生する場合がある。しかしながら、自由水の析出を伴う亀裂は、流動状態の達したことを示すものではない。殆どの場合、変形の測定は、塑性流動が発生したか否かを判定するのに役立つ。

例えば円錐台の任意の箇所まで 3 mm までの直径の増加を示す型板は、この目的の役立つ指針となる。他の観察も役立つ場合がある。例えば、（増加する）水分値が FMP に近づくと、試料の円錐台は型枠にくっつく傾向を示す。さらに、試料がテーブルから押し出されると（供試体がテーブルの上を滑って移動すると）、試料はテーブルに水分の跡（縞）を残すことがある。こうした縞が見られる場合、水分値は FMP を上回っている可能性があるが、跡（縞）がないことは、水分値が FMP より低いことを意味するわけではない。

² 条件によっては、塑性流動ではなく粒子間の摩擦が小さいため、水分値が FMP に達する前に、供試体（円錐台）の直径が増加することがある。この状態を流動状態と誤解してはならない。

³ 生コンクリートの slump とは柔軟性の尺度。スランプ試験において型枠を外した際に生コンクリートの供試体の頂部が下がる量。

底面または半分の高さで円錐台の直径を測定することは役に立つ。0.4%から0.5%の増分で水を追加し、フローテーブルの25回の落下を適用すると、最初の直径の増加は通常1mmから5mmになり、さらに水を増やすと、底面の直径は5mmから10mmになる。

.4 上記の手順の代替として、多くの精鉱の概略のFMPを見つける方法は以下の通り。水分値が確実にFMPを超えたら、25回の落下後に直径を測定し、さらに水を追加してテストを繰り返して、直径を測定して、図1.1.4-1に示す図を描き、直径の増加を水分値に対してプロットし、2点を通る直線は、FMPに近い値で水分値の軸と交差する。

予備的流動水分値試験が完了したら、主流動水分値試験の試料の水分値を流動点の約1%から2%下に調製する。

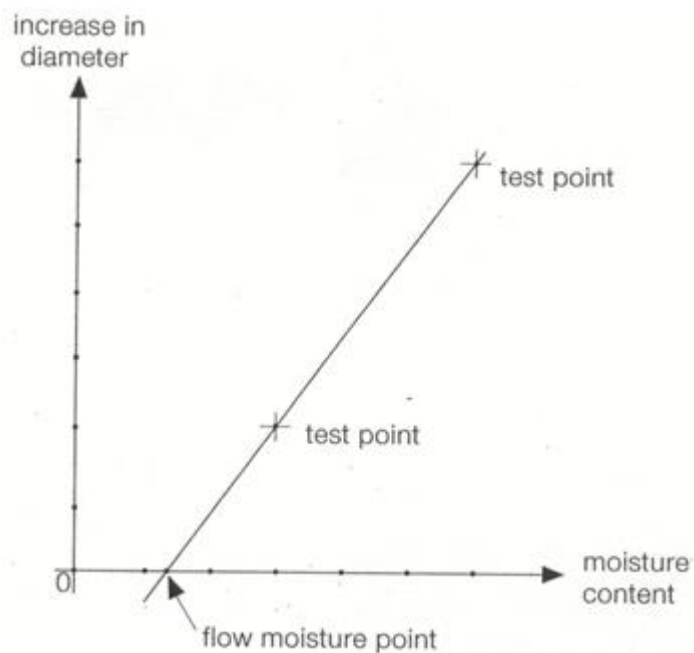


Figure 1.1.4-1



Figure 1.1.4-2

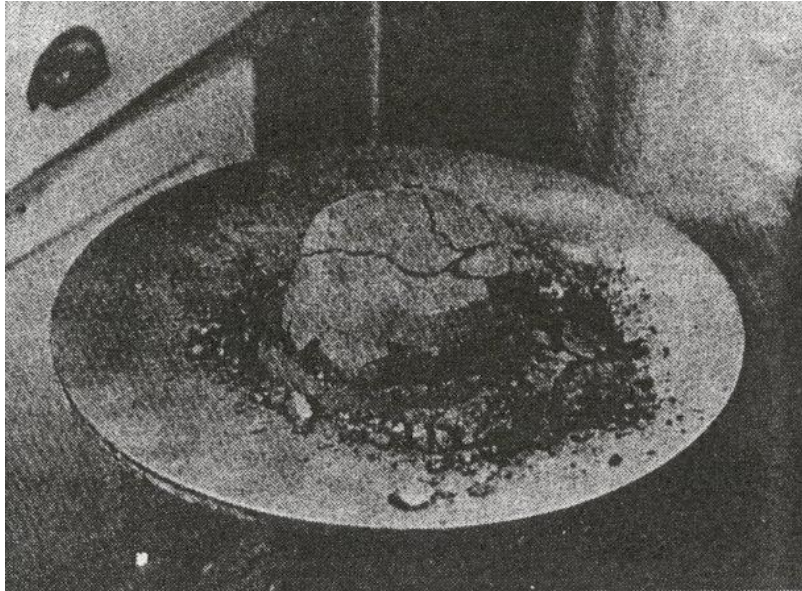


Figure 1.1.4-3

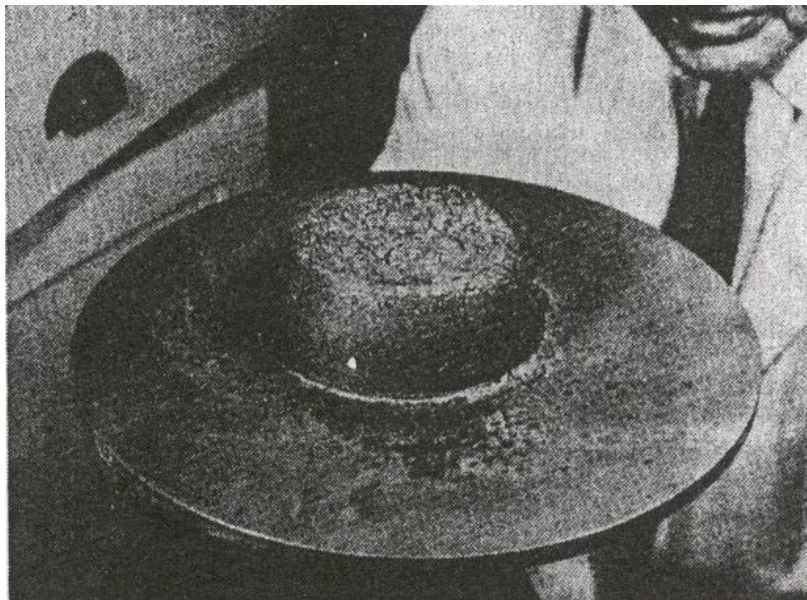


Figure 1.1.4-4

1.1.4.3 主流動水分値試験

予備試験で流動状態を呈した場合、サブサンプル (C) の水分値は、予備試験で流動状態を呈しなかった最後の値よりも約 1% から 2% 低い値に調製される。(これは単に、主流動水分値試験を FMP に近すぎる点から開始し、その後、試料を空気乾燥して再開する時間の浪費を防ぐために提案されている。)最後の試験(主流動水分値試験)は、予備的流動水分値試験と同じ方法で、この調製された試料に対して実施されるが、ここでは水の増加分は試験物質の質量の 0.5%以下とすること(予備的な FMP が低い時は、増分を小さくすること)。各段階の後、モールドに充填された試料は直ぐに容器に入れ、速やかに質量を計測し、必要に応じて水分の決定のため取り置くこと。これは試料が流れた場合、または次の僅かに水分の多い試料が流れた場合に必要になる。不要な場合は、試料はミキシングボウルに戻すことができる。

流動状態を呈したら、二つの試料の水分値を測定すること。1 つは FMP のすぐ上の水分値で、もう 1 つは FMP のすぐ下の水分値である。二つの水分値の差は 0.5 %以下でなければならず、これら二つの値の平均を FMP とする。

1.1.4.4 水分値の決定

導入

多くの物質については、水分値を決定するための国際的及び各国の方法が認められていることに留意すること。これらの方法、または同等の結果をもたらす確立された方法を用いること。

精鉱及び類似物質

試料の質量が恒量になるまで乾燥させることが重要である。実際には、105°C での適切な乾燥時間の後に、数時間の間隔を空けて試料をさらに計量することで確認される。質量が一定の場合は乾燥が完了しているが、質量が減少している場合は乾燥を継続すること。

乾燥時間の長さは、高温乾燥機内の物質の配置、使用する容器のタイプ、粒子の大きさ、熱伝達率など多くの変数に依存する。5 時間の期間は ある精鉱試料には十分ですが、別の試料には十分ではありません。硫化物精鉱は酸化する傾向があるため、これらの物質には、空気循環装置を備えた高温乾燥機の使用は推奨されない。また、試料を高温乾燥機に 4 時間以上放置しないこと。

水分値の測定に推奨される方法は、ISO 589:1974「硬質炭—全水分の測定」に記載されている方法である。この方法または同等の結果をもたらす確立された方法に従うこと。

水分値、FMP 及び運送許容水分値の計算

m_1 : 到着時のサブサンプルの質量 (1.1.4.1 参照)

m_2 : 乾燥後、到着時のサブサンプルの質量

m_3 : 流動状態を呈する試験のうち最も水分値が低い試料の質量 (1.1.4.3 参照)

m_4 : 流動状態を呈する試験のうち最も水分値が低い試料の乾燥後の質量

m_5 : 流動状態を呈しない試験のうち最も水分値が高い試料の質量 (1.1.4.3 参照)

m_6 : 流動状態を呈しない試験のうち最も水分値が高い試料の乾燥後の質量 (1.1.4.3 参照)

これにより

.1 到着状態における試料の水分値は以下の通り :

$$\frac{m_1 - m_2}{m_1}, \text{ in per cent } (1.1.4.4.1)$$

.2 物質の FMP は以下の通り :

$$\frac{\frac{m_3 - m_4}{m_3} + \frac{m_5 - m_6}{m_5}}{2}, \text{ in per cent } (1.1.4.4.2)$$

.3 物質の運送許容水分値は FMP の 90 %である。

ピートモス

全てのピートモスについては、ASTM または CEN (20 L) を用いて見かけ密度を決定すること。ピートは乾燥時の見かけ密度が 90 kg/m³ より上か下かによって、TML の求め方は異なる。

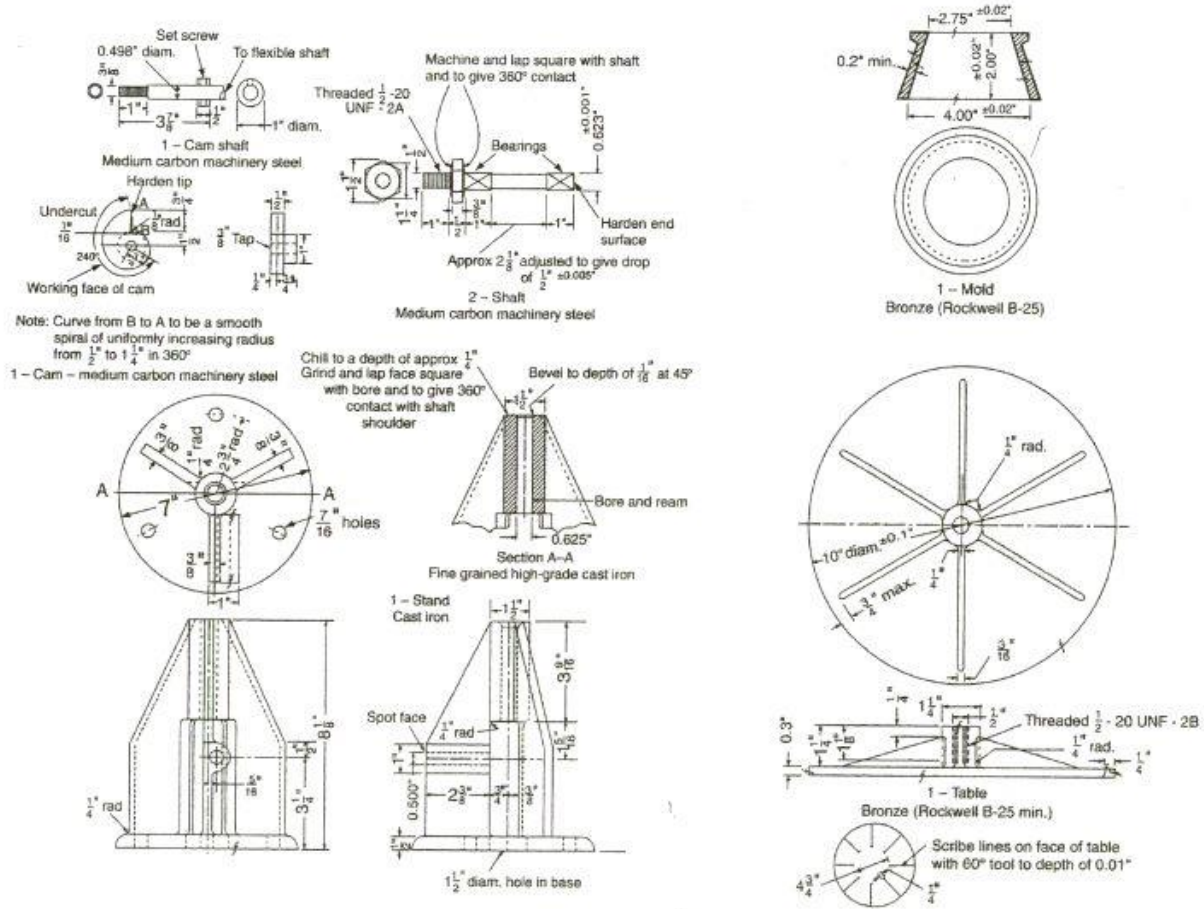
1.1.1 で述べた通り、以下を決定すること :

.1 貨物の試料の水分値 (M_c)

.2 流動水分値 (FMP)

.3 運送許容水分値 (TML) 。TML は以下の通り決定する。

- .3.1 乾燥時の見かけ密度が 90 kg/m^3 を超えるピートでは、TML は FMP の 85 %
- .3.2 乾燥時の見かけ密度が 90 kg/m^3 以下のピートでは、TML は FMP の 90 %



IMSBC コード附録 2 第 3 章のフローテーブルの図 (Figure 3)

1.2 貫入試験法

貫入試験は、円筒形の容器内の物質を振動させる手順から構成される。流動水分値は、検出器の貫入深さにより決定される。

1.2.1 目的

- .1 貫入試験は、一般に、精鉱、類似物質及び粒径 25 mm までの石炭に適する。
- .2 この試験法では、円筒形の容器に入れた試料に $2 \text{ g rms} \pm 10 \%$ (g = 重力加速度) の振動を 6 分間与える。試料の上面に置いたビットの貫入深さが 50 mm を超えたら、試料は流動水分値を超える水分を含むと判定される。
- .3 この試験法は、概略の流動水分値を得るための予備試験と、実際の流動水分値を決定するための主試験を含む。概略の流動水分値が既知である場合、予備試験は省略できる。
- .4 試料を試験する部屋は、1.1.3 の通り準備すること。

1.2.2 装置 (図 1.2.2 参照)

- .1 試験装置は以下により構成される。
- .1 振動台

- .2 円筒形容器
- .3 検出器（貫入ビット（複数）及びホルダー）
- .4 タンパー（1.1.2.4 参照）
- .5 付属装置（1.1.2.5～.8 参照）

.2 円筒形の容器を固定できるテーブルを備えたバイブレーター（図 1.2.2.2 を参照）は、3 g rms 以上の加速度で 50Hz または 60Hz の周波数で 30kg の質量を加振できること。また、加速レベルを調整するために制御できること。

- .3 円筒形容器（図 1.2.2.3-1 及び図 1.2.2.3-2 参照）の寸法は以下の通り

Cylinder size	Inner diameter	Depth	Wall thickness
small	146 mm	202 mm	9.6 mm or more
large	194 mm	252 mm	10.3 mm or more

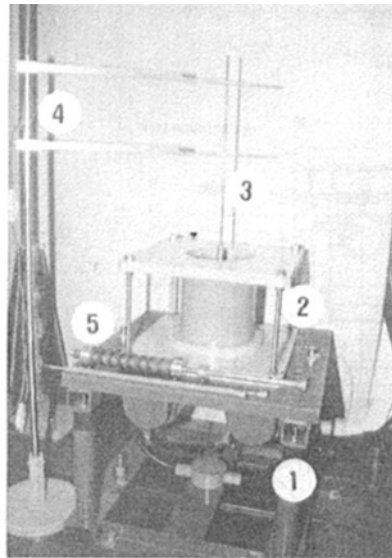
容器は、例えばアクリルや塩化ビニルといった、十分な剛性を有する、磁性のない、透水性のない、軽量の材料で製造されていること。

小型円筒形容器は最大粒径 10 mm 以下の物質のために選定され、大型円筒形容器は最大粒径 25 mm 以下の物質のためのものである。

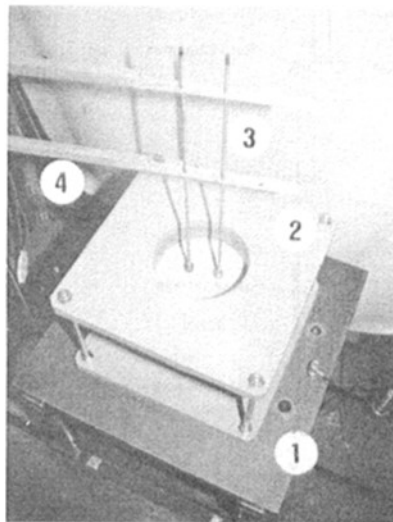
- .4 貫入ビット（図 1.2.2.4 参照）は真鍮製である。石炭用のビットの質量は 88 g（5 kPa）に、精鉱用のビットの質量は 177 g（10 kPa）に調整されていること。試料が粗い粒子を含む場合は、判定の間違いを無くすため、同じ圧力のビット二つを上面に置くことが推奨される。

- .5 ホルダー（図 1.2.2.5 参照）は、最小の摩擦でビットのロッドが円筒形容器の中心に来るように作ること。二つのビットを使用する場合は、図 1.2.2 に従って配置する必要がある。

- .6 円筒形容器と貫入検出器は、試料の性状と条件、即ち粒径と見かけ密度に応じて選択すること。



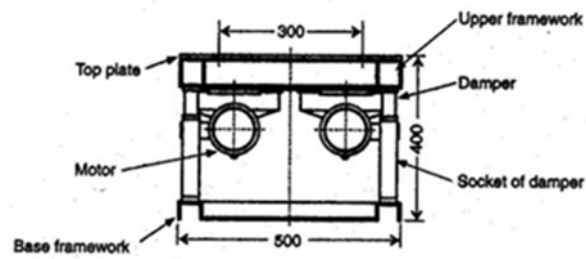
- ① Vibration table
- ② Cylindrical vessel (150 mm diameter)
- ③ Penetration bit (10 kPa)
- ④ Bit holder
- ⑤ Tamper



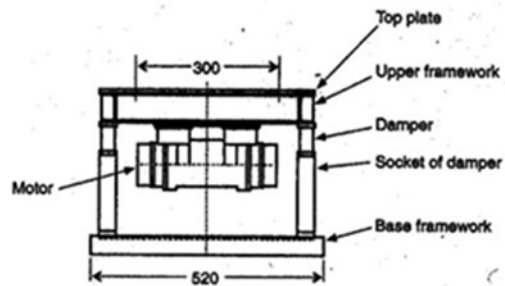
- ① Vibration table
- ② Cylindrical vessel (150 mm diameter)
- ③ Penetration bit (5 kPa)
- ④ Bit holder

図 1.2.2 - 試験装置

FRONT VIEW



SIDE VIEW



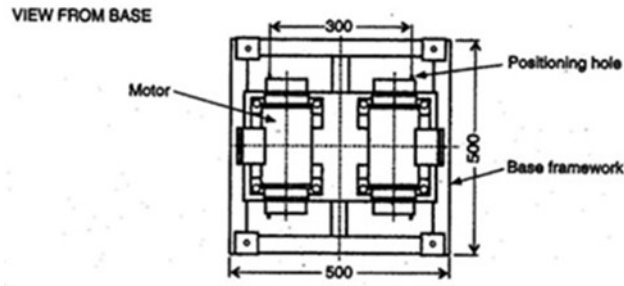


図 1.2.2.2 – 振動台

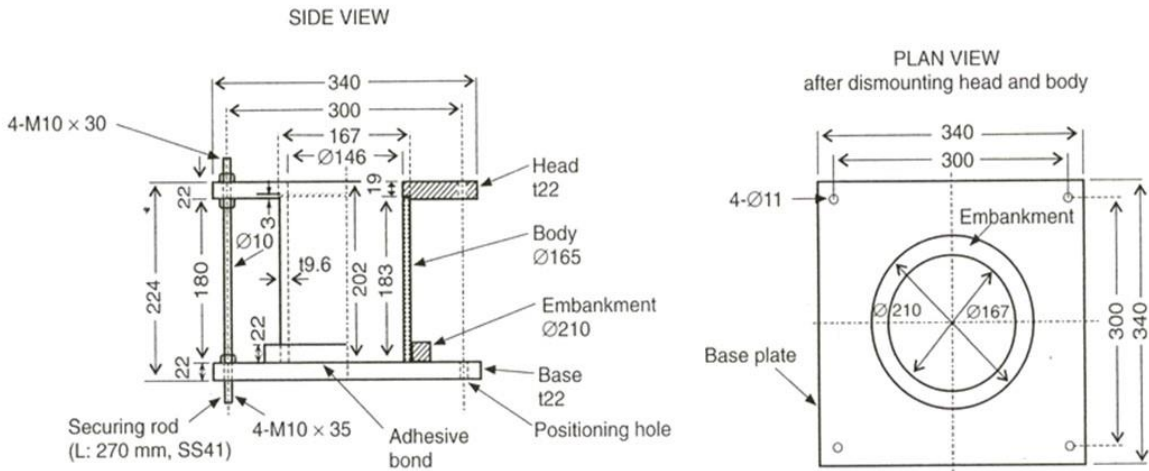
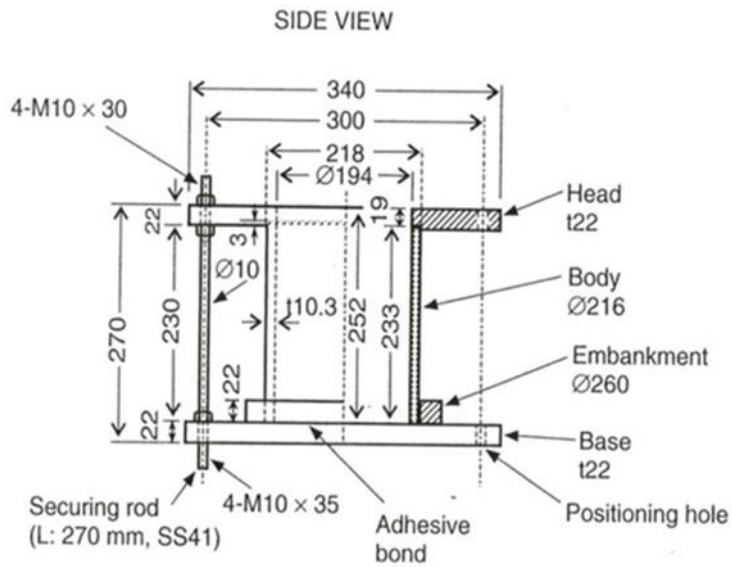


図 1.2.2.3-1 – 円筒型容器 150 mm 径



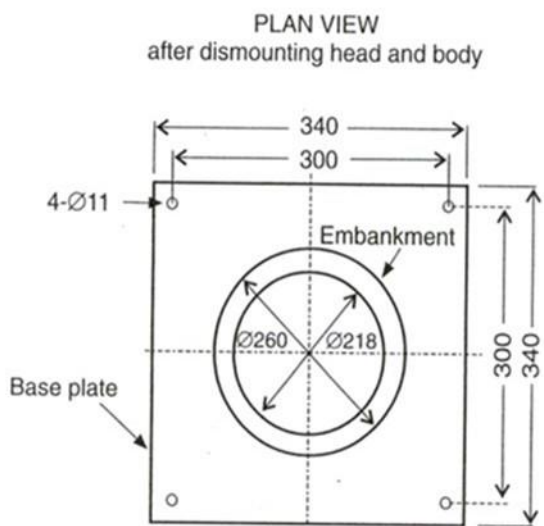
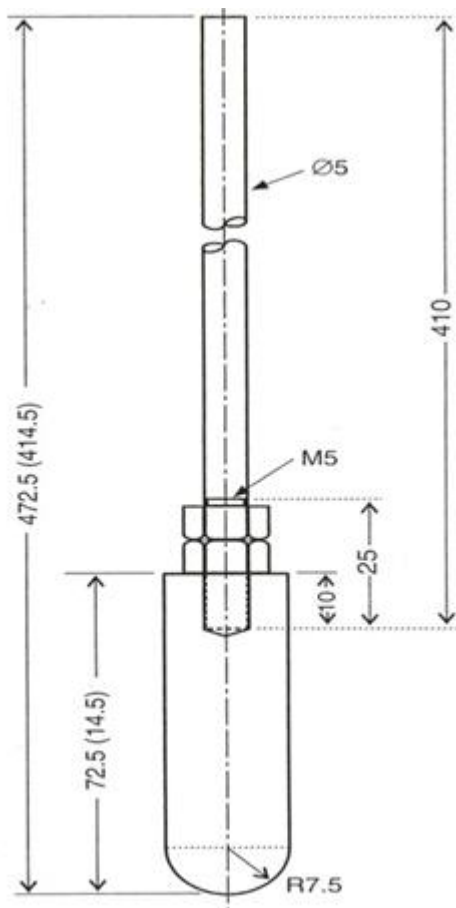


図 1.2.2.3-2 – 円筒型容器 200 mm 径



(Dimensions indicated in brackets are of the 5 kPa bit)
(unit: mm)

図 1.2.2.4 – 貫入ビット

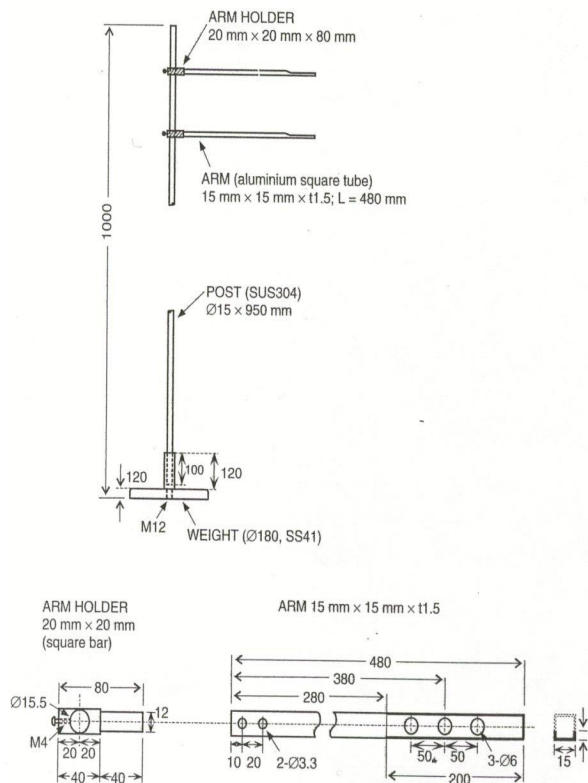


図 1.2.2.5 -ビット治具

1.2.3 手順

1.2.3.1 試験用試料及び振動台の準備

- .1 必要な試料の量は、選択した円筒形容器の容量の約 6 倍以上である。各容器に充填する試験試料の代表的な量は、小型容器で約 1,700 cm³、大型容器で約 4,700 cm³である。
- .2 試料をよく混ぜて、略等量の三つのサブサンプル (A)、(B) 及び (C) に分けること。サブサンプル (A) は、すぐに計量し、高温乾燥機に入れ「到着時」の試料の水分値を測定する。サブサンプル (B) 及び (C) は、それぞれ予備試験と主試験に用いられる。
- .3 振動台の振動レベルは、試験を実施する前に加速度計を用いて較正すること。テーブルの加速度は、試料を入れた容器を固定した状態で 2 g rms ± 10 % に調整すること。

1.2.3.2 予備的流動水分試験

この試験は、サブサンプル (B) を使用して、概略の流動水分値を迅速に測定することを目的とする。水は毎回の貫入試験の後に段階的に追加される。流動状態に達したら、流動状態を呈したすぐ上の水分値を計測する。流動状態を呈するすぐ下の水分値は、試料の総質量から最後に追加した水の差し引くことで計算できる。

- .1 適切な円筒形容器にサブサンプル (B) を所定のタンパーを使用して各層を追加した後にタンピングし、4 段階で充填する。鉍物精鉍の場合は 1.1.4.1 に示されている圧力で、石炭の場合は 40 kPa で、均一に平坦な表面が得られるまで、物質の上面全体に均等に圧力を加える（タンピングする）。
- .2 物質の上面に、ホルダーを通した貫入ビットを置く。
- .3 バイブレーターを 50Hz または 60Hz の周波数で 2 g rms ± 10 % の加速度で 6 分間作動させる。要すれば、振動台に取付けられた加速度計の出力を参考に、加速度レベルを確認する。

- .4 6分間の振動の後、貫入深さを読み取る。
- .5 貫入深さが 50 mm 未満の場合、液状化は発生していないと判定する。そして
- .1 物質を円筒形容器から取り出し、残りの試料が入ったミキシングボウルに入れる。
- .2 十分に混ぜて、ミキシングボウルの内容物の質量を計測する。
- .3 ミキシングボウルの中の物質の質量が 1% 以下の水の増加分を振り掛け、十分に混ぜる。
- .4 1.2.3.2.1 から 1.2.3.2.5 に記載された手順を繰り返す。
- .6 貫入深さが 50 mm を超えた場合、液状化が発生したと判定する。そして
- .1 円筒形容器内の物質を取り出し、ミキシングボウルに入れる。
- .2 1.1.4.4 に記載された手順で水分値を計測する。
- .3 追加された水の量に基づいて、流動水分値のすぐ下の水分値を計算する。
- .7 最初の試験で貫入深さが 50 mm を超えた場合、即ち、到着時の試料が液状化した場合、サブサンプル (B) と (C) を混ぜて、水分を下げるため室温で乾燥する。その後物質をサブサンプル (B) と (C) に分けて、予備試験を繰り返す。

1.2.3.3 主流動水分試験

- .1 予備試験に基づき、主試験により流動水分値をより正確に決定すること。
- .2 サブサンプル (C) の水分値を、予備流動水分試験で流動を引き起こさなかった最後の値に調製する。
- .3 主流動水分試験の最初の試験は、1.2.3.2 に示したのと同じ方法で、この調製された試料に対して実施する。但しこの場合、水の増分の添加は、試験物質の質量の 0.5% を超えてはならない。
- .4 概略の流動水分値が既知の場合、サブサンプル (C) の水分値は、この値の約 90% に調製すること。
- .5 流動状態に達したら、1.1.4.3 に示した通り流動水分値を決定する。

1.3 プロクター／ファガベリ試験法

1.3.1 目的

- 1 この試験法は最大粒径 5 mm までの細粒および比較的粗粒の精鉱または同様の物質のためのもの。この方法は、石炭やその他の多孔質の物質には使用しないこと。
- 2 この試験を最大粒径が 5 mm を超える粗い材料に適用するには、採用と改善のための広範な調査を要する。
- 3 貨物の運送許容水分値 (TML) は、この試験法により飽和度 70 % に対応する臨界水分値に等しい。

1.3.2 プロクター／ファガベリ試験装置

- 1 プロクター装置 (図 1.3.2 参照) は、着脱式の延長部を備えた円筒形の鋼製のモールド (締固め容器) と、下端が開いたパイプによってガイドされる締固め具 (締固めハンマー) で構成される。
- 2 天秤と錘 (3.2 参照) 及び適当な試料容器
- 3 100°C から 105°C までに温度を制御できる高温乾燥機。空気循環を伴わないものであること。
- 4 適当なミキサー。ミキサーを使用することにより、粒径を小さくしないよう、また、コンシステンシー (第 1.1.7 節参照) を低下させないように注意すること。
- 5 ピクノメーターなど、真密度を測定するための器具。

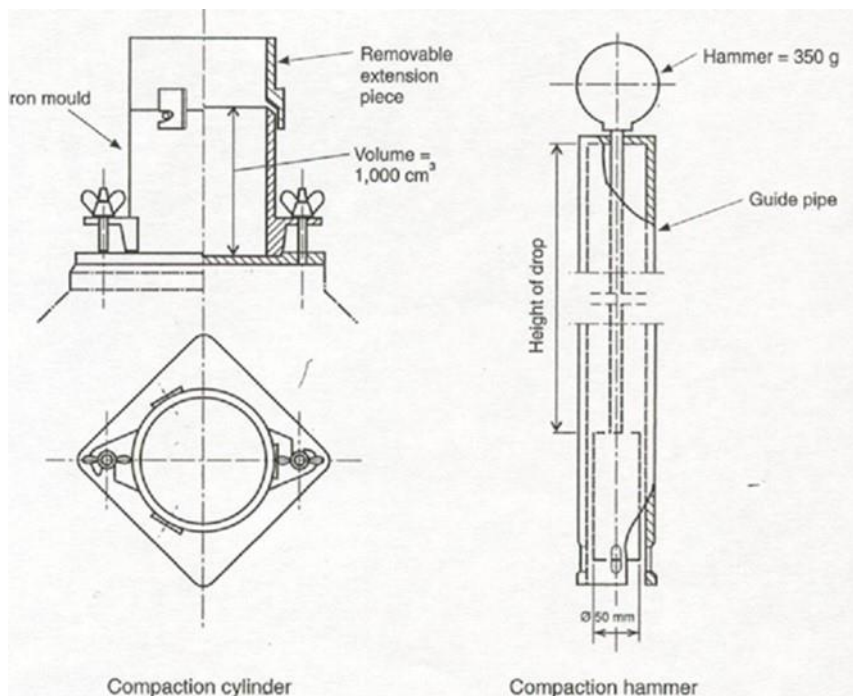


図 1.3.2 - プロクター装置

1.3.3 温度と湿度 (1.1.3 参照)

1.3.4 手順

.1 完全な締固め曲線の作成

関連規格（コード本文 4.7 節参照）に従って採取された代表試料を約 100°C で乾燥する。試験物質の総量は、全試験手順に必要な量の少なくとも 3 倍であること。締固め試験は、5～10 の異なる水分値に対して行う（5～10 の独立の試験）。

試料は、乾燥状態からほぼ飽和した状態（塑性域）の試料が得られるように調製すること。一回の締固め試験あたりの必要量は約 2,000cm³である。

各締固め試験においては、適切な量の水を乾燥した試験物質の試料に加え 5 分間攪拌すること。攪拌された試料の約 5 分の 1 をモールドに入れ、上面を水平に均してから、追加した試料の上面全体を均一に突き固めること。突き固めは、ガイドパイプを通してハンマーを 0.2 m の高さから 25 回落とすことによる。この行為は 5 層全てに繰り返す。最後の層を突き固めた後、延長部を外し、試料はモールドの縁に沿って平らになるように取り除くこと。突き固めた試料の入った容器の重量を決定したら、容器を空にし、試料を乾燥して重量を決定すること。

そして、水分値が異なる他の試料に対して試験を繰り返すこと。

.2 計算のための定義とデータ（図 1.3.4.2 参照）

- 空の容器、グラム単位の質量： A
- 突き固めた試料を含む容器、グラム単位の質量： B
- 水分を含む試料、グラム単位の質量： C

$$C = B - A$$

- 乾燥試料、グラム単位の質量： D
- 水分、グラム単位の質量（cm³単位の体積に同じ）： E

$$E = C - D$$

容器の容積は 1000 cm³

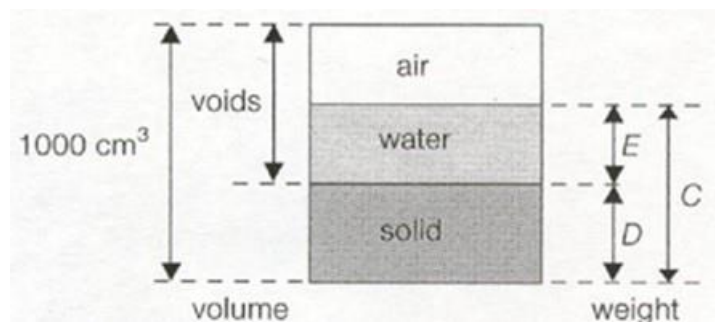


図 1.3.4.2

.3 主な性状の計算

- 物質の固体密度（真密度）、g/cm³（t/m³）： d
- 乾燥時の見かけ密度、g/cm³（t/m³）： γ

$$\gamma = \frac{D}{1000}$$

- 正味水分値、質量百分率： e_v

$$e_v = \frac{E}{D} \times 100 \times d$$

- 間隙比： e （空隙の体積を固体部分の体積で割った値）

$$e = \frac{1000d - D}{D} = \frac{d}{\gamma} - 1$$

- 飽和度、体積ベースの百分率： S

$$S = \frac{e_v}{e}$$

- 全水分値、質量百分率： W^1

$$W^1 = \frac{E}{C} \times 100$$

- 正味水分値、質量百分率： W

$$W = \frac{E}{D} \times 100$$

.4 締固め試験の表現

各締固め試験の結果は、正味水分値 (e_v) と飽和度 (S) を横軸として、計算された間隙比 (e) の値を縦座標としてプロットする。

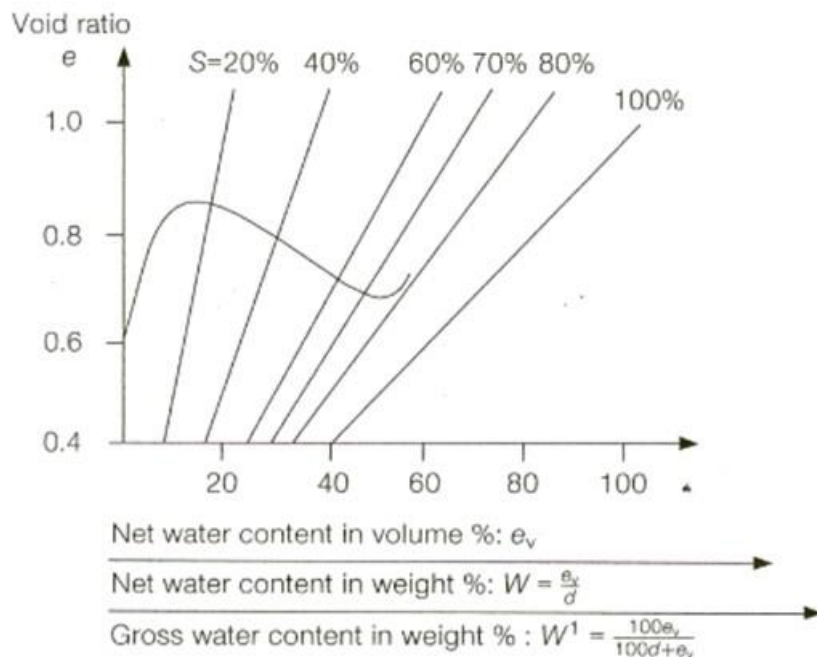


図 1.3.4.5

.5 締固め曲線

試験により、特定の締固め曲線が得られる（図 1.3.4.5 参照）。

臨界水分値は、締固め曲線と飽和度 $S = 70\%$ の線の交点として示される。運送許容水分値 (TML) は臨界水分値である。

1.4 鉄鉱粉用修正プロクター／ファガベリ試験法

1.4.1 目的

- .1 この節で規定される試験法（この試験）は、鉄鉱粉の運送許容水分値の決定のみに用いること。鉄鉱粉の個別スケジュール参照。
- .2 鉄鉱粉は、以下の両方を含む鉄鉱石である。
 - .1 1 mm 未満の粒子を 10% 以上、且つ
 - .2 10 mm 未満の粒子を 50% 以上
- .3 鉄鉱粉の TML は、修正プロクター／ファガベリ試験法により飽和度 80% に対応する臨界水分値に等しい。
- .4 この試験は最適水分値（OMC）に対応する飽和度が 90% 以上の場合に適用できる。

1.4.2 修正プロクター／ファガベリ試験装置

- .1 プロクター装置（図 1.4.1 参照）は、着脱式の延長部を備えた円筒形の鋼製のモールド（締固め容器）と、下端が開いたパイプによってガイドされる締固め具（締固めハンマー）で構成される。
 - .2 天秤と錘（3.2 参照）及び適当な試料容器
 - .3 100°C から 105°C までに温度を制御できる高温乾燥機。
 - .4 手による攪拌のための容器。攪拌過程において、粒径を破碎することにより粒径分布を小さくしないよう、凝集により粒径分布を大きくしないよう、また、コンシステンシー（第 1.1.7 節参照）を低下させないよう注意すること。
- .5 適当な規格（例えば ASTM D 5550、AS 1289 等）に従って真密度を測定するためのガスまたは水ピクノメトリー装置

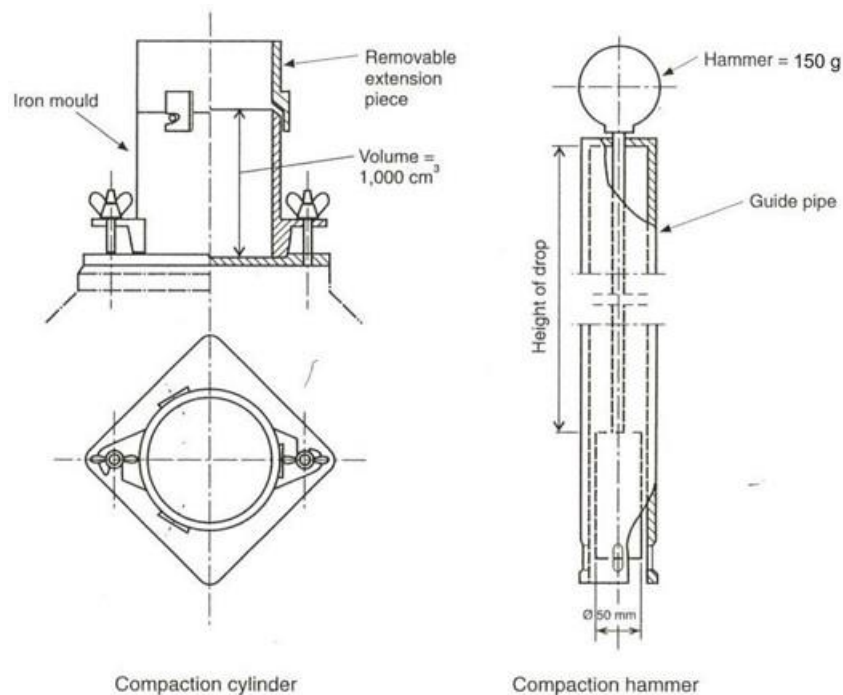


図 1.4.1

1.4.3 温度と湿度（1.1.3 参照）

1.4.4 手順

.1 完全な締固め曲線の作成

関連規格（コード本文 4.7 節参照）に従って採取された代表試料は、必要に応じて試料の水分を試験開始に適当な値に下げするため、約 60 度以下で部分的に乾燥する。この試験のための代表試料は、水分値計測の場合を除いて、完全乾燥してはならない。

試験物質の総量は、全試験手順に必要な量の少なくとも 3 倍であること。締固め試験は、5～10 の異なる水分値に対して行う（5～10 の独立の試験）。試料は、部分的乾燥状態からほぼ飽和した状態の試料が得られるように調製すること。一回の締固め試験あたりの必要量は約 2,000cm³ である。

各締固め試験においては、適切な量の水を試験物質の試料に加えること。試験物質は放置して均一化を図る前に、穏やかに攪拌する。攪拌された試料の約 5 分の 1 をモールドに入れ、上面を水平に均してから、追加した試料の上面全体を均一に突き固めること。突き固めは、ガイドパイプを通して 150 g のハンマーを 0.15 m の高さから 25 回落とすことによる。この行為は 5 層全てに繰り返す。最後の層を突き固めた後、延長部を外し、注意して、試料はモールドの縁に沿って平らになるように取り除き、試料の上面を平坦にすることを妨げる可能性のある大きな粒子を確実に除去し、延長部に含まれる物質と交換して、再度平坦にする。

突き固めた試料の入った容器の重量を決定したら、容器を空にし、試料を 105°C で乾燥して重量を決定すること。ISO 3087:2011⁴「鉄鉱石—ロットの水分値決定法」を参照のこと。そして、水分値が異なる他の試料に対して試験を繰り返すこと。

固体物質の密度（真密度）は、国際的または国内的に認められた規格、例えば ASTM D 5550 や AS 1289（1.4.2.5 参照）、に従って、ガスまたは水ピクノメトリー装置を使用して測定すること。

.2 計算のための定義とデータ（図 1.4.2 参照）

- 空の容器、グラム単位の質量：*A*
- 突き固めた試料を含む容器、グラム単位の質量：*B*
- 水分を含む試料、グラム単位の質量：*C*

$$C = B - A$$

- 乾燥試料、グラム単位の質量：*D*
- 水分、グラム単位の質量（cm³ 単位の体積に同じ）：*E*

$$E = C - D$$

容器の容積は 1000 cm³

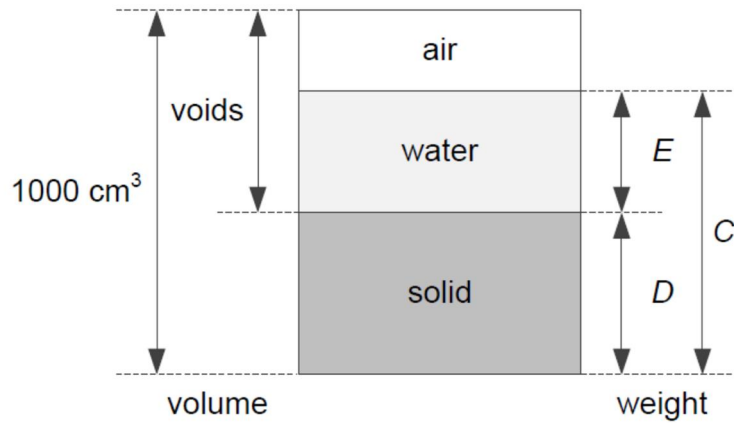


図 1.4.2

.3 主な性状の計算

- 物質の固体密度（真密度）、 g/cm^3 (t/m^3) : d
- 乾燥時の見かけ密度、 g/cm^3 (t/m^3) : γ

$$\gamma = \frac{D}{1000}$$

- 正味水分値、質量百分率 : e_v

$$e_v = \frac{E}{D} \times 100 \times d$$

- 間隙比 : e (空隙の体積を固体部分の体積で割った値)

$$e = \frac{1000 d - D}{D} = \frac{d}{\gamma} - 1$$

- 飽和度、体積ベースの百分率 : S

$$S = \frac{e_v}{e}$$

- 全水分値、質量百分率 : W^1

$$W^1 = \frac{E}{C} \times 100$$

- 正味水分値、質量百分率 : W

$$W = \frac{E}{D} \times 100$$

.4 締固め試験の表現

各締固め試験の結果は、正味水分値 (e_v) と飽和度 (S) を横軸として、計算された間隙比 (e) の値を縦座標としてプロットする。

.5 締固め曲線

試験により、特定の締固め曲線が得られる (図 1.4.3 参照)。

臨界水分値は、締固め曲線と飽和度 $S = 80\%$ の線の交点として示される。運送許容水分値 (TML) は臨界水分値である。

最適水分値（OMC）は、所与の締固め条件下での最大締固め（最大乾燥密度）に対応する水分値である。この試験の適用性を確認するため、試験中に水分値と乾燥密度の関係を評価すること。そして OMC と対応する飽和度を決定すること。この試験手順は、鉍物精鉍の OMC に対応する飽和度は 70 %～75 %であるのに対して、鉄鉍粉の OMC に対応する飽和度は 90～95 であるとの知見に基づいて開発された。

OMC に対応する飽和度が 90 %未満の場合、この試験は当該物質に適用できない可能性があり、この試験で決定される TML が高すぎる可能性があるため、荷送人は然るべき主管庁に相談すること。

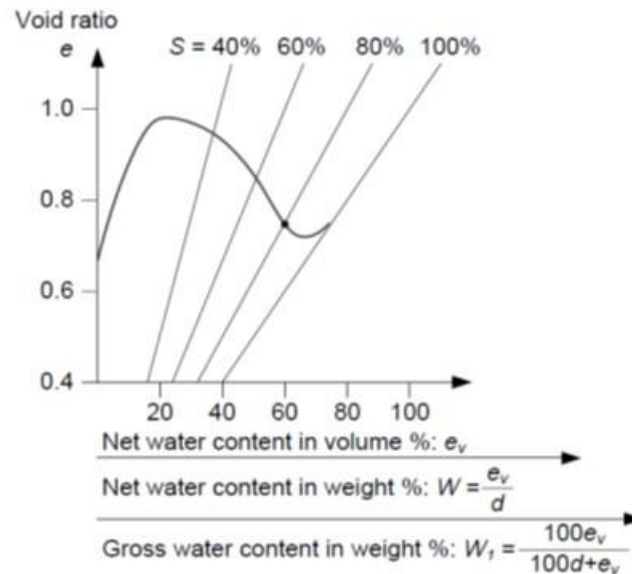


図 1.4.3

1.5 石炭用修正プロクター／ファガベリ試験法

1.5.1 目的

ここでは、公称最大粒径 50 mm までの石炭の運送許容水分値（TML）の実験室における決定法を詳細に示す。この試験法は、この付録の 1.3 で説明されているプロクター／ファガベリ試験法の修正に基づいている。

この付録の 1.3 に含まれている元の試験法からの主な変更点は以下の通り。

- .1 最大粒径 25 mm への再構成による最大粒径 50 mm の石炭の試験を容易にするための試料調製
- .2 直径 150 mm の締固め容器（シリンダー）の使用。
- .3 プロクター／ファガベリ D 相当のハンマーを使用した試料の締固め。

運送許容水分値は、試験試料の締固め曲線と飽和度 70 %の線の交点に対応する水分値である。

水分が試料から自由に排出され、試験試料の締固め曲線が飽和度 70 %に達しない石炭の場合は、試験は、この貨物では水が粒子間の隙間を通過し間隙圧は上昇しないことを示している。よって、この貨物は液状化の恐れはない。（コード本文の第 7.2.2 節参照）

試験法は、170 kg 以上の試料を含む石炭のドラム缶が試験所に送られることから始まり、試験所が石炭の試験結果を報告することで終わる。試料採取手順の詳細は、ここには記載しない。但

し、試料が貨物の粒径分布を正確に代表することは重要であり、以下に参照すべき引用文書（normative reference）を示す。

1.5.2 引用文書

以下の文書は、この試験法において参照すること。日付／年の記載されている文書は、その版を適用する。

- AS 1289.3.5.1:2006（オーストラリア規格）工学的目的による土の試験方法。方法 3.5.1：土の分類試験－土の土粒子密度の測定－標準試験法
- ISO 589:2008 無煙炭-全水分値の測定
- ISO 3310-2:2013 試験用ふるい－技術的要求事項及び試験－第 2 部：試験用有孔金属板製ふるい
- ISO 13909-4:2001 硬質炭及びコークス－機械式サンプリング－第 4 部：石炭－試験試料の調製

1.5.3 定義

1.5.3.1 運送許容水分値（TML）

液状化する恐れのある貨物の運送許容水分値（TML）とは、このコードの第 7.3.2 節の要件を満たす以外の船舶において、安全に運送できると考えられる貨物の最大の水分値である。

1.5.3.2 試験結果

この試験法により決定される運送許容水分値は、試験試料の締固め曲線と飽和度 70%の線の交点に対応する水分値である。この値を PFD70 値とも呼ぶ（プロクター／ファガベリー-D エネルギーハンマー－70% 飽和）。

水分が試験試料または円筒形モールドから自由に排出され、試料の締固め曲線の飽和度が 70% またはそれ以上にならない場合（1.5.5.3.4 参照）、試験は、この貨物では水が粒子間の隙間を通過し間隙圧は上昇しないことを示している。よって、この貨物は液状化の恐れはない。（コード本文の第 7.2.2 節参照）

1.5.3.3 最適水分値（OMC）

最適水分値（OMC）は、所与の締固め条件下での最大締固め（最大乾燥密度）に対応する水分値である。

1.5.3.4 全水分値（W¹）

試料の水分値は水の質量を、固体と水の総質量で割って計算され、全水分値と呼ばれる。全水分値は、ISO 589:2008 に規定される全水分値の求め方により決定される。

1.5.4 二つ以上の石炭を混ぜたものの TML の決定

荷送人が 2 以上の石炭の混合した貨物の積載を意図する場合、荷送人の措置をとれる。

- .1 混合物の代表試料にこの試験法を直接適用して、混合物の TML を決定する、または
- .2 混合物を構成する各石炭の TML の決定に基づいて、混合物の TML を以下により申告する：

- .1 混合物中の全構成要素の石炭が、種別 A&B の石炭（液状化の恐れのある石炭）であることが分かっている場合：
 - .1.1 混合物の貨物は種別 A&B の石炭として申告すること。
 - .1.2 混合物の貨物の TML は、構成要素の石炭の TML のうち、最も低い値とすること。
- .2 種別 A&B の石炭が、種別 B とされる石炭と混合される場合
 - .2.1 混合物の貨物は種別 A&B として申告すること。
 - .2.2 TML は、構成要素となる種別 A&B の石炭の TML のうち、最も低い値とすること。
- .3 全ての構成要素の石炭が種別 B のみの石炭である場合、混合物の貨物は種別 B のみの貨物として申告できる。

1.5.5 石炭用修正プロクター／ファガベリ試験法

1.5.5.1 装置

1.5.5.1.1 作業場所

作業場所は、試料が過度の温度、気流、湿度の変動から保護される場所とすること。全ての試料は、プラスチック製の試料袋等の適切な試料容器に保管し、容器は密封すること。

1.5.5.1.2 標準篩

最大粒径 25 mm の試料を再構成するため、ISO 3310-2:2013 に記載されている 16 mm 及び 25 mm 開口の、正方形メッシュの実験用篩が必要。粒子密度の測定のため、2.36 mm の篩上試料と篩下試料を取り分けるため、2.36mm の篩が必要。この目的のためには、2 mm の篩を使用しても良い。

1.5.5.1.3 プロクター／ファガベリ装置

プロクター／ファガベリ装置は、図 1.5.5.1.3.1 に示す、着脱可能な延長部を有する直径 150 mm、高さ 120 mm のステンレス鋼製円筒形モールド（締固めシリンダー）、及び、パイプの下端にガイドされる締固めツール（突き固めハンマー）で構成される。プロクター／ファガベリ装置の概略図を図 1.5.5.1.3.2 に、寸法と公差を表 1.5.6.2 に示す。

1.5.5.1.4 締固めハンマー

この試験では、プロクター／ファガベリ D 相当の締固めハンマーを用いる。寸法等は図 1.5.5.1.3.2 及び表 1.5.6.2 の通り（注：締固めハンマーは、使用するモールドに合わせて仕様を変更してある。）

1.5.5.1.5 高温乾燥機

高温乾燥機は、空気または不活性ガスを強制的に循環させ換気を行い、通常はステンレス鋼製の内部を備え、105°C ± 5°C の範囲内の温度を維持できるものであること。

1.5.5.1.6 天秤

天秤は、到着状態の試料と容器を±5 g より高い精度で計量ものであること。

1.5.5.1.7 ピクノメーター

AS 1289.3.5.1:2006 の水ピクノメトリー装置を使用して、AS 1289.3.5.1:2006 に従って元の粒径の石炭（粉碎されていない石炭）の密度を決定する。必要な機器は以下の通り。

- 容量 250mL の三角フラスコまたは密度ボトル
- 真空デシケーターまたは他の真空装置
- 105°C 乃至 110°C に設定した高温乾燥機
- 天びん：1 つは ± 0.05 g 精度、もう 1 つは ± 1 g 精度
- 0 度から 100°C の温度計
- 2.36 mm の篩（1.5.5.1.2 の通り）
- 真空源
- 60°C に設定された恒温水槽
- 蒸留水、脱塩水、または脱イオン水
- 水が入った洗瓶
- 粒径 2.36mm 以上の試料を保持するためのワイヤーバスケット
- 干渉なしにワイヤーバスケットを保持するための水で満たされた容器
- 水に吊されたバスケットと排水されたバスケットの両方を計量するための秤



図 1.5.5.1.3.1 – プロクター／ファガベリ装置の例、ハンマーとハンマーのガイド

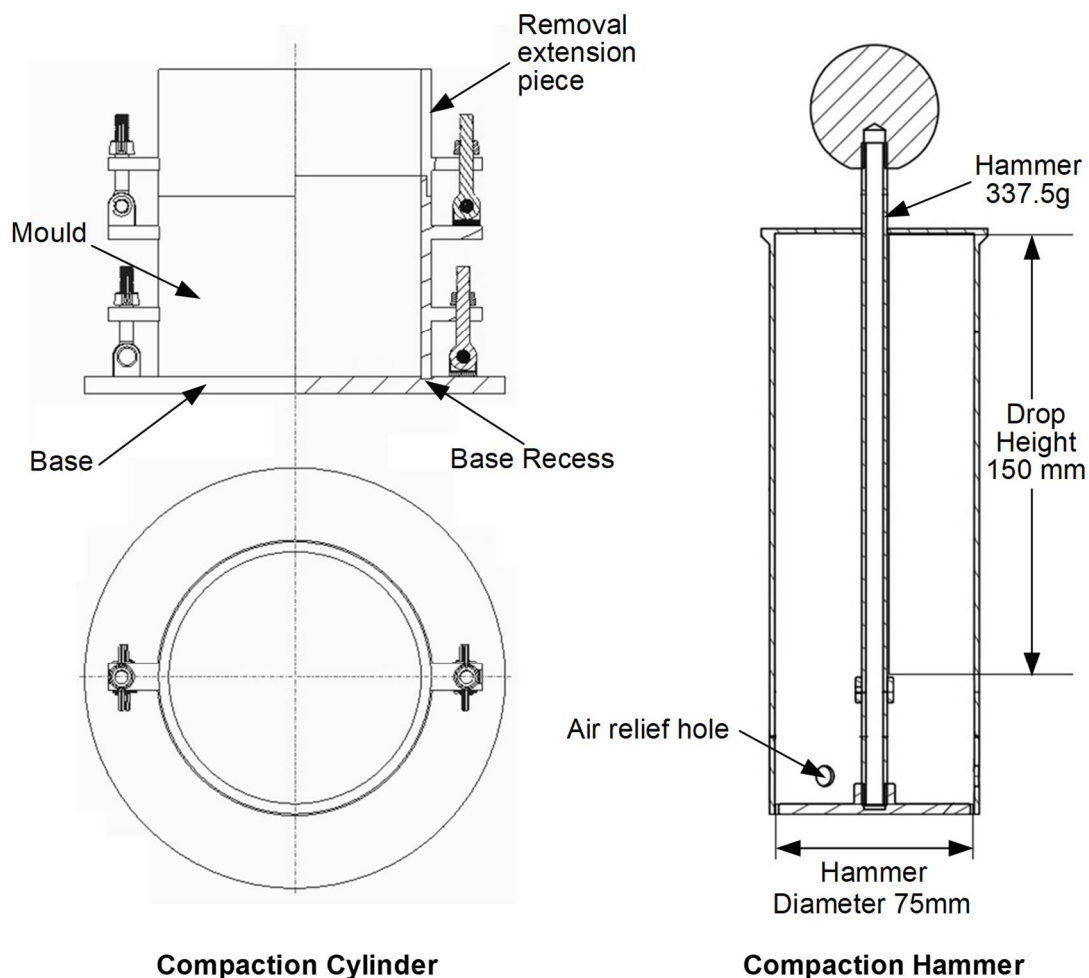


図 1.5.5.1.3.2 – プロクター／ファガベリ装置の概略図

1.5.5.1.8 手による攪拌のための容器と試料の準備

試料の保管と取り扱いには、10 L 以上の容量の蓋が付いた十分に頑丈なプラスチック製のバケツが必要である。試料の保管と手による攪拌には、頑丈なプラスチック袋（厚さ 200 ミクロン以上）が必要である。

1.5.5.1.9 平坦な削り取り器具 (Flat scraping device)

モールド最上部の上にある延長部に形成された余剰試料を取り除くには、薄い鋼のスクレーパーが必要である。使い易さのため、スクレーパーの寸法は、図 1.5.5.1.9 に示すように、幅 160 mm、長さ 20 mm、厚さ 3 mm から 5 mm であること。

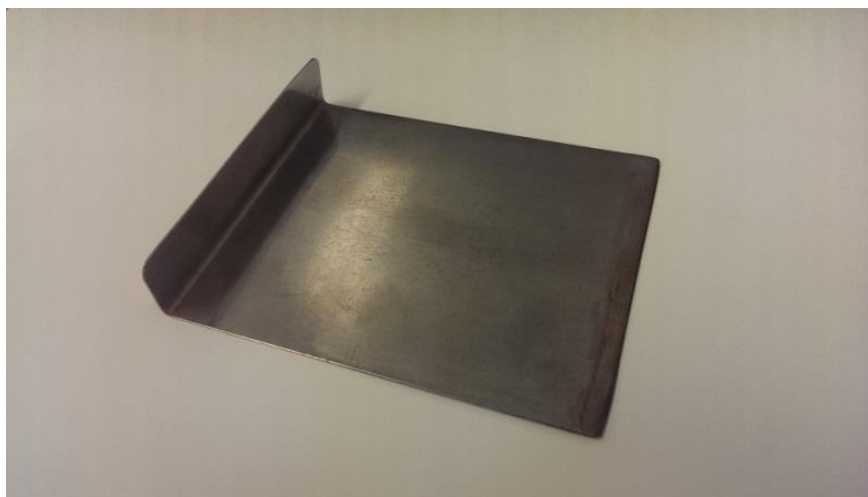


図 1.5.5.1.9 – 典型的な削り取り器具

1.5.5.1.10 乾燥用トレイ

乾燥用トレイまたは皿は、例えばステンレス鋼やエナメルといった、表面が滑らかで、試料の混入の恐れが無く、耐熱性があること。寸法は、高温乾燥機に入れるのに適当で、且つ、全試料が表面積に対して約 1 g/cm^2 の荷重⁵で入れられるものであること。

1.5.5.1.11 スプレーボトル

試料に噴霧スプレーの水を加えるのに適切なプラスチックボトルが必要である。

1.5.5.1.12 手袋

高温のトレイや皿をの取り出すため、耐熱の手袋が必要である。

1.5.5.1.13 試料縮分機

試料をサブサンプルに分け、再構成された試料を試験用に混合するには、ISO 13909-4:2001 に規定される適切な試料縮分機⁶が必要である。

1.5.5.2 試料採取及び試料の準備

1.5.5.2.1 一般

この試験法は、丈夫なプラスチック袋（厚さ 200 ミクロン）に密封され、適切なドラム（例えば 220 L）に入った 170 kg 以上の試料を受け取ることから始まる。この包装は TML 測定の前にサンプルが乾燥しないことを確実にする。

1.5.5.2.2 試料の準備

⁵ 2.5 kg の試料を想定すれば、トレイの寸法は 50 cm 角。

⁶ 「縮分機」は JIS M 8811:2000 石炭類及びコークス類—サンプリング及び試料調製方法 (Coal and coke -- Sampling and sample preparation) における名称。石炭は付着性があり手作業によるふるい分けは困難な場合が多い。そのため、機械式のふるい分け（分級）装置が必要になる。

ISO 13909-4:2001 によって得られた代表試料が必要である。要すれば、風である程度乾燥するか、40°C 以下の温度である程度乾燥させて、篩上試料に微粉が付着する（混入する）のを最小にして石炭を乾式篩にかけるのに適した、開始点まで水分を減らす。この目的のために、試料の水分値が 6 % 未満になるようには乾燥しないこと。代表試料のサブサンプルは、水分値を測定する場合を除き、完全乾燥させないこと。

1.5.5.2.2.1 試料の均質化と分割

到着状態の試料を受け取り、ISO 13909-4:2001 に規定される試料縮分機を用いて個々のサブサンプルに分ける。これらのサブサンプルを丈夫なプラスチック袋に入れる。

1.5.5.2.2.2 再構成された試料準備手順

試料に 25 mm を超える粒子が含まれている場合、以下の再構成手順を適用すること。

この手順では、25 mm を超える粒子が試料から除去され、粒径 16 mm から 25 mm の同質量の粒子に置き換えられる。この手順を通じて、TML 試験に十分な質量の、最大粒径 25 mm の最終的な再構成試料が生成される。このサンプルには含まれていません。

再構成試料を生成するには、二つの方法のどちらかを選択できる。

- .1 到着状態の試料全量を分割して再構成する。
- .2 25 mm を超える粒子を除去し、別のサブサンプルの 16 mm～25 mm の粒子に置き換える。

方法 1 到着状態の試料全量を分割して再構成

第 1 段階 到着状態の試料の全量を用いる。

第 2 段階 25 mm、16 mm、2.36 mm で篩い分ける。2.36 mm の篩い分けが出来ない場合は、2 mm の篩い分けでも良い。

第 3 段階 四つの粒径の篩い分け試料をそれぞれ計量し、各粒径の篩い分け試料の割合を計算する。

第 4 段階 表 1.5.5.2.2.2.1 で指定された各粒径範囲の試料の割合に基づき、25 mm 以下の各粒径区分から 25 kg の再構成試料を作成するのに必要な質量を取り分ける。

第 5 段階 各粒径範囲の試料を合わせる。

第 6 段階 再構成試料を十分に攪拌する。

第 7 段階 試料を約 8 の代表試料に分割し、それぞれを丈夫なプラスチック袋に入れる。これらの袋の中味がプロクター／ファガベリ試験用の試料である。

第 8 段階 2.36 mm（もし 2.36 mm がない場合は 2 mm）の篩を通過する試料は、真密度計測に必要である。

表 1.5.5.2.2.2.1 再構成粒子比率（方法 1）

篩い分け試料	量
2.36 mm（または 2 mm）未満	元の試料におけるこの部分の割合
2.36 mm（または 2 mm）～16 mm	この部分の割合
16 mm～25 mm	この部分の割合に 25 mm 以上の粒子の割合を加えたもの

方法 2 25 mm を超える粒子を除去し 16 mm～25 mm の粒子で置き換える

この方法は図 1.5.5.2.2.2 及び表 1.5.5.2.2.2 の通り。再構成プロセスでは、最初に石炭を 25 mm より大きい粒子と 25 mm より小さい粒子に篩い分けする。TML 試験に十分な質量の試料を再構成するため、16 mm～25 mm の範囲の石炭粒子が他の試料から取り出され、元の質量から取り除かれた 25 mm を超える試料と同等の質量に基づいて、元の 25 mm 未満の試料加えられる。

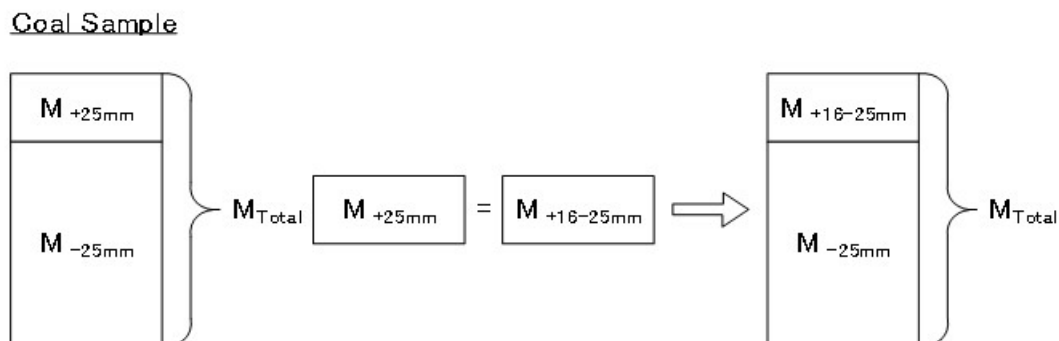


図 1.5.5.2.2.2 – 試料再構成の概要（方法 1）

表 1.5.5.2.2.2.2 試料の再構成（方法 2）

段階	例
1 約 8 のプロクター／ファガベリ試験を実施するのに十分な約 25kg の試料を生成する。	各サブサンプルの袋には 8 kg から 10 kg が含まれていると仮定する。
2 この試料を、25 mm 以上の部分に付着する微粉を最小限に抑えつつ、25 mm で篩い分けする。25mm の石炭の質量を計測する。	25 mm 以上の粒子を 20 %含む石炭の場合、元の試料から 5 kg が除去される。
3 16 mm 及び 25 mm で石炭の 1 つまたは複数のサブサンプルの袋を篩い分けし、十分な量の 16mm～25mm の石炭を作成する。	上の例では、16 mm～25 mm の石炭が 5 kg 必要
4 回転式試料縮分機または同様の装置を用いて、必要に応じて各トレイの試料を合わせて、第 2 段階で除去した 25 mm を超える試料の質量の±0.5 kg の質量の 16 mm～25 mm の石炭を取り出す、	上のケースで 5 kg
5 試料を合わせて攪拌した上で、第 4 段階の 16 mm～25 mm の石炭を、第 2 段階の 25 mm 未満の石炭に追加する。回転式試料分配装置または同様の装置を用いて、約 8 の測定試料に分割する。	
6 再構成された各試料を丈夫なプラスチック袋に入れ、ラベルを貼り、密封する。これでプロクター／ファガベリ試験用の測定試料が得られる。	各袋には約 2.5 kg～3 kg の再構成試料が入るはずである。
7 25 mm 以上及び 16 mm 以下の石炭を廃棄する。	

1.5.5.2.3 初期水分

初期水分は、ISO 589:2008 に規定される方法で、表 1.5.5.2.2.2 の第 5 段階の測定試料で測定される。この水分値は、プロクター／ファガベリ締固め曲線を作成するのに必要な水分刻みの指針となる。

1.5.5.2.4 粒子の密度測定

水ピクノメーターの規格 AS 1289.3.5.1:2006 に従って、全粒径範囲の（粉碎されていない）真密度を計測する。真密度は、締固め曲線を描くための間隙比の決定に用いられる。推奨される方法は以下の通り。

- 1 約 10 kg の全粒径の試料を用意し、重量を量ってから、全試料を 2.36 mm で篩い分けする。2.36 mm の篩が利用できない場合は、2 mm の篩を代用できる。以下を記録する。
 - 1 物質の全質量
 - 2 粒径 2.36 mm 以上の物質の質量
 - 3 粒径 2.36 mm 以下の物質の質量
- 2 試料中の 2.36 mm 以下の石炭の百分率を計算する。
- 3 ロータリー試料縮分機のような ISO 13909-4:2001 に規定される試料縮分機を用いて、粒径 2.36 mm 以上の石炭を二つの測定試料に分割する。各測定試料を丈夫なプラスチック袋に入れ、ラベルを貼る。
- 4 粒径 2.36 mm 以下の石炭を二つの測定試料に分割し、各測定試料を丈夫なプラスチック袋に入れ、ラベルを貼る。
- 5 AS 1289.3.5.1:2006 第 5.2 節に従って、2.36 mm 以上の試料の真密度を計測する。規格にある通り、複数回の試験を行うこと。
- 6 上記規格の第 5.1 節に従って、以下により、2.36 mm 以下の試料の真密度を計測する。
 - 1 容量 250 mL の三角フラスコまたは密度ボトルの使用が推奨される。
 - 2 試料袋から、既知の風袋重量のビーカーに 1 L の石炭を注ぐ。
 - 3 1 L の試料の重量を計測し、物質の概略の見かけ密度を求める。
 - 4 試料の一部（通常 0.18×見かけ密度のキログラム単位の質量）を取り出し、フラスコに入れて、ピクノメーター分析を行う。
 - 5 水槽の温度は 60°C が推奨される。
- 7 AS 1289.3.5.1:2006 の第 6 節の方法により、真密度を計算する。

1.5.5.3 試験手順

1.5.5.3.1 変数と定義

TML の決定に使用される変数と定義を表 1.5.5.3.1 に要約する。主要な変数を図 1.5.5.3.1 に示す。

表 1.5.5.3.1 – 変数と定義の要約

変数	単位	記号／計算に用いる値
空のシリンダーとベースの質量	g	<i>A</i>
シリンダー、ベース及び突き固められた測定試料の質量	g	<i>B</i>
モールド内の測定試料の湿質量	g	$C = B - A$
モールドから取り出されたの測定試料の湿質量	g	<i>C_l</i>

モールドから取り出されたの測定試料の乾燥質量	g	D_1
全水分値	%	W^t
モールド内の測定試料の乾燥質量	g	D
モールド内の水の質量	g	E
シリンダーの容積	cm ³	V
真密度	g/cm ³	d
水の密度	g/cm ³	ρ_w

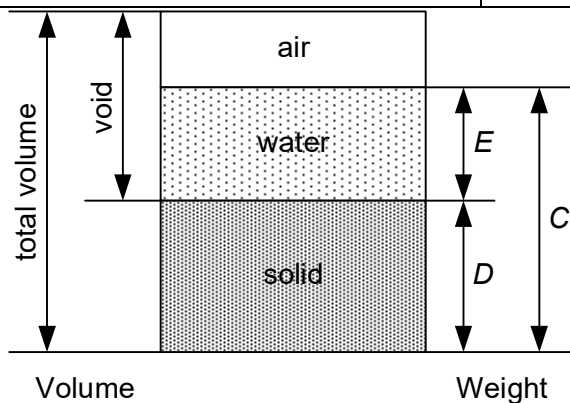


図 1.5.5.3.1 – 主な変数の模式図

1.5.5.3.2 初期締固め点の確定

初期の締固め点は、初期の水分値で再構成された物質の最初の測定試料を使用して得られる。個々の締固め点の測定毎に、モールドへの試料の詰め込みからモールドと試料の質量計測までの試験の全ての段階は、休憩することなく一気に行うこと。如何なる場合も、石炭は質量計測前に30分以上モールド内に放置しないこと。

試験手順は以下の通り。

第1段階 モールド、カラー（延長部）及び底板を清掃する。ハンマーを点検・清掃し、ガイドパイプ内で自由に動くようにする。

第2段階 モールドと底板で構成される空のシリンダーの質量 A を測定する。

第3段階 モールド、カラー及び底板を組み立て、安定したベンチに置く。

第4段階 測定試料の約 0.5 L（全 2.5 L の 5 分の 1）をモールドに入れて上面を平らに均し、上面を均一に 25 回で突き固める。突き固めの際は、ガイドパイプの全高に渡ってハンマーを垂直に落とし、落下の度にガイドパイプを新しい位置に動かす。モールド内の各層を均一に突き固めるのに必要なパターンを図 1.5.5.3.2 に示す。

第5段階 第4段階をさらに4回繰り返し、モールドに5層の物質を配置する。延長部を取り付けたまま、最後の層の突き固めた測定試料は、締固めモールドの上部より上にくるようにすること。

第6段階 最後の層を突き固めたら、内部の締固められた測定試料を乱さないように注意して延長部を取り外す。平坦な削り取り器具を用いて、締固められた測定試料をモールドの上端にそって水平にする（レベリングする）。測定試料のレベリングを妨げる恐れのある大きな粒子を取り除き、延長部に含まれる物質で置き換えてえ、再度レベリングする。レベリング後も上面に穴が残っている場合は、延長部に含まれるより細かい物質を手作業で埋める。測定試料がさらに締固められないように注意すること。

第7段階 モールドと締固めた石炭の質量 B を測定し、次式により測定試料の湿質量 C を計算する。

$$C = B - A \quad (1)$$

第8段階 突き固めた測定試料を含むシリンダーの質量を測定したら、測定試料をモールドから取り出し、測定試料の湿質量 C_1 を測定し、全測定試料を恒量になるまで 105°C の乾燥機で乾燥する。乾燥後、測定試料の乾燥質量 D_1 を測定し、次式により全水分値 W^1 の百分率を計算する。

$$W^1 = \frac{C_1 - D_1}{C_1} \times 100 \quad \% \quad (2)$$

第9段階 計算された全水分値を用いて、次式により、モールド内の乾燥測定試料の質量 D を計算する。

$$D = C - C \times \frac{W^1}{100} \quad (3)$$

第10段階 次式により、モールド内の水の質量 E を計算する。

$$E = C - D \quad (4)$$

第11段階 使用済みの石炭試料を廃棄する。以前に締固められた測定試料は、再利用しないこと。

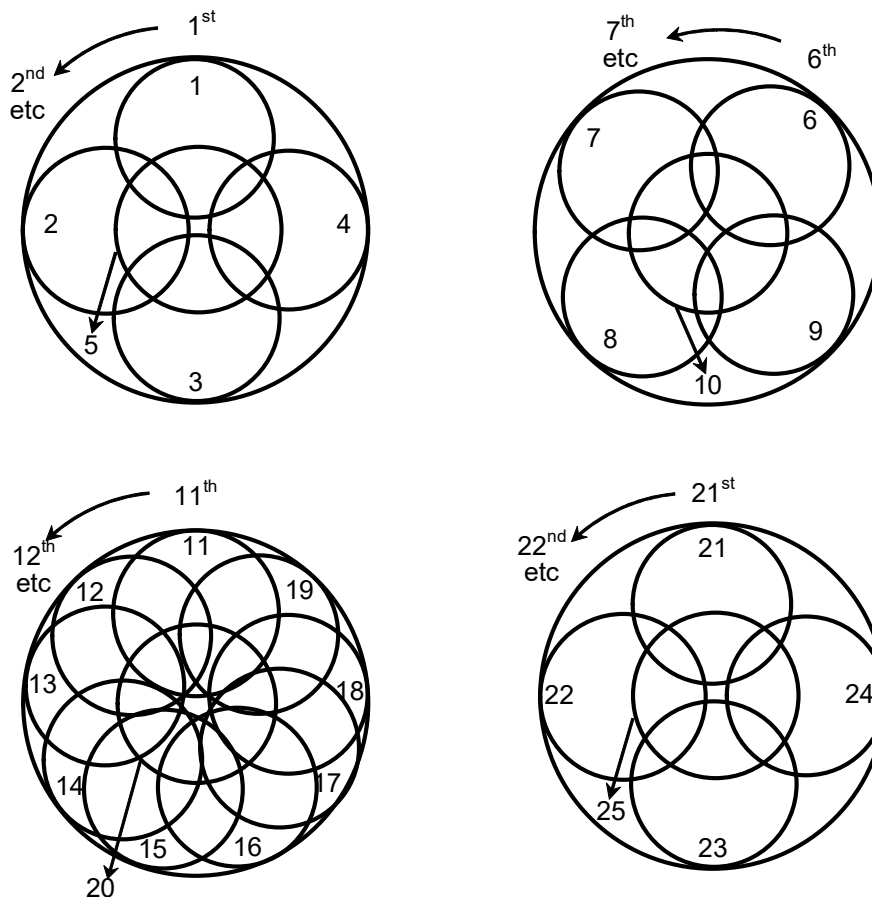


図 1.5.5.3.2 – 推奨される突き固めパターン

1.5.5.3.3 完全な締固め曲線の確定

水分値の範囲は、ある程度乾燥した状態から殆ど飽和した状態までの測定試料が得られるように調製すること。締固め曲線の各点の迅速な測定に関しては、1.5.5.3.2 の注意事項に留意すること。試験手順は以下の通り。

第1段階 締固め試験毎に、事前に決定された水が丈夫なプラスチック袋中の測定試料（約2.5kg）に追加される。追加される水の量は、水分値を次の試験の目標値まで上げるために必要な量である。水は、個々の測定試料の表面に噴霧として追加すること。大量の水を加えると局所的な締固めを引き起こす恐れがあるため、この時点では、水はゆっくりと少しずつ追加すること。

第2段階 計算した量の水を加えた後、プラスチックの袋を密封し繰り返し引っ繰り返すことにより、測定試料を十分に攪拌すること。

第3段階 測定試料は締固め試験の前に、均一化のため最低12時間は置いておくこと。

第4段階 第1.5.5.3.2節の第1段階から第11段階を繰り返す。

第5段階 別途用意された水分値の異なる測定試料を用いて、4～7回試験を繰り返し、締固め曲線上の点を少なくとも5取得する。水分値は、以下の通りに選択すること。

.1 締固め」曲線を適切に決定するため、少なくとも1点は、最適水分値（OMC）または飽和度（S）70%に対応する値よりも高い水分値にする。

.2 PFD70値を効果的に評価するため、少なくとも1点は飽和度（S）70%から80%の間に対応する水分値にする。

OMC（に対応する水分値）が70%を超える場合、飽和度（S）80%に近い点も、正確な評価に役立つ。

1.5.5.3.4 円筒形モールド内の石炭の外観

試験でPFD70値を取得するには、PFD70の水分値以下で実施される全ての試験において、円筒形モールド内の水分分布は均一であること。

同じ石炭試料を用いて異なる水分値で実施した二つの試験の例を図1.5.5.3.4.1に示す。左の写真は、比較的飽和度の低い石炭の供試体を示している。延長部を取り外した後も、石炭はそのまま残って点に留意されたい。右の写真は、飽和度が70%近傍かそれを超える供試体を示している。延長部を取り外した後も石炭はそのまま残る。どちらの試験も、締固め曲線上の有効な点を与えた。



図 1.5.5.3.4.1 – 部分的に飽和した測定試料（左）とほぼ完全に飽和した測定試料（右）の有効な試験を示す写真

水が粒子間の隙間を通過する石炭は、プロクター／ファガベリ円筒形モールド内における水分の移動（の形跡）を表す。水分の移動は、試料の飽和度が 70 % 未満でも起こることがある。

水分移動の形跡は、以下のように各試験の完了時の目視観察から得られる。

- .1 図 1.5.5.3.4.2 に示すように、モールドの底板からの水の漏れが明らかであり、
- .2 円筒形モールドの上端より上の部分は不飽和に見え、測定試料は変形や移動なしにその構造を維持している。

この場合、水分の移動が発生しているため、この石炭では、水は粒子間の隙間を通過する。

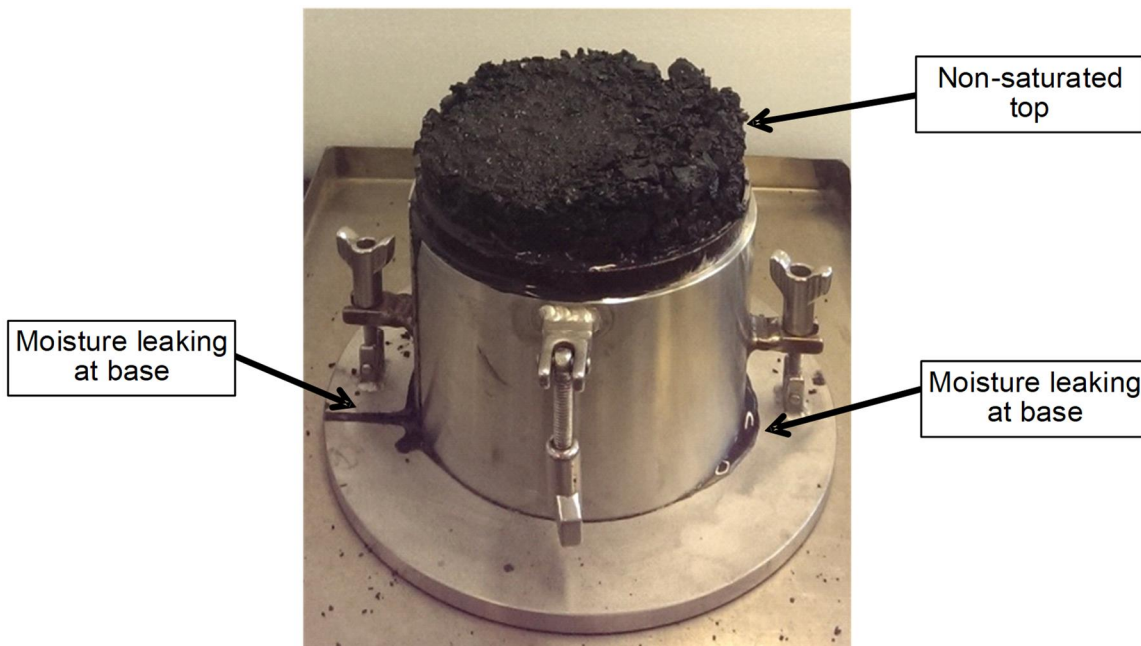


Figure 1.5.5.3.4.2 – 円筒形のモールド底面からの水漏れがあり（試料内部における）水分の移動を示す試験

1.5.5.3.5 締固め曲線を決定するための重要なパラメータの計算

締固め試験毎に、以下の計算を行う。

$$d = \text{比重瓶法による真密度 } \text{g/cm}^3 \text{ (t/m}^3\text{)} \quad (1.5.5.2.4 \text{ 参照})$$

$$\gamma = \text{乾燥状態における見かけ密度 } \text{g/cm}^3 \text{ (t/m}^3\text{)}$$

$$= \frac{D}{V}$$

$$e_v = \text{正味水分値 (体積百分率)}$$

$$= \frac{E}{D} \times 100 \times \frac{d}{\rho_w}$$

ここで $\rho_w = \text{水の密度 } \text{g/cm}^3 \text{ (t/m}^3\text{)}$

$$e = \text{間隙比 (間隙の体積を固体部分の体積で割った値)}$$

$$= \frac{d}{\gamma} - 1$$

$$S = \text{飽和度 (体積百分率)}$$

$$= \frac{e_v}{e}$$

$$W^I = \text{全水分値 (質量百分率)} \quad (\text{第 1.5.5.3.2 節第 8 段階参照})$$

1.5.5.3.6 締固め結果の表示

全ての締固め試験結果を適切なスプレッドシート (表 1.5.6.1 に示すものなど) に記録し、このスプレッドシートから、各締固め試験について、縦軸を間隙比 (e)、横軸を正味水分値または全水分値として、計算結果をプロットして、図 1.5.5.3.6 に示す締固め曲線を作成する。

図 1.5.5.3.6 の線は、20%、40%、60%、70%、80%、および 100% の飽和度 (S) での、間隙比 (e) と正味含水量 (e_v) のプロットに対応する。これらの線は、第 1.5.5.3.7 節の式を使用して、間隙比の五つの値に対して計算される。(注：横軸を全水分値にしてプロットした場合、飽和度に対応するこれらの線は湾曲する。)

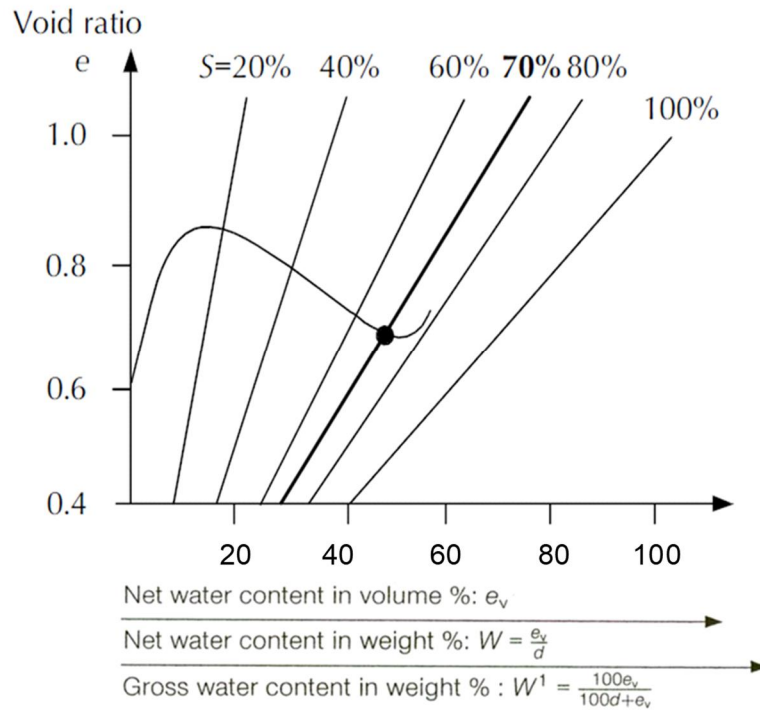


図 1.5.5.3.6 – 典型的締固め曲線

1.5.5.3.7 締固め曲線の例

修正プロクター／ファガベリ試験法を石炭試料に適用して得られる結果の例を表 1.5.6.1 に示す。対応する締固め曲線と、飽和度 70% の線は、以下のようにプロットする。

結果を表示のに好ましい方法は、全水分値 (W^1) に対して、間隙比 (e) をプロットし、任意の飽和水準の水分を全水分値としてプロットから直接読み取ることである。方法を図 1.5.5.3.7 に示す。飽和度の線は、次式に従ってプロットされる。

$$e = \frac{W^1}{100 - W^1} \times 100 \times \frac{d}{S}$$

図 1.5.5.3.7 の飽和度 70% の線と締固め曲線の交差は、全水分値 15.4% で発生しており、これが運送許容水分値 (TML) である。この例では、最適水分値 (OMC) は、約 85% の飽和度になっている。

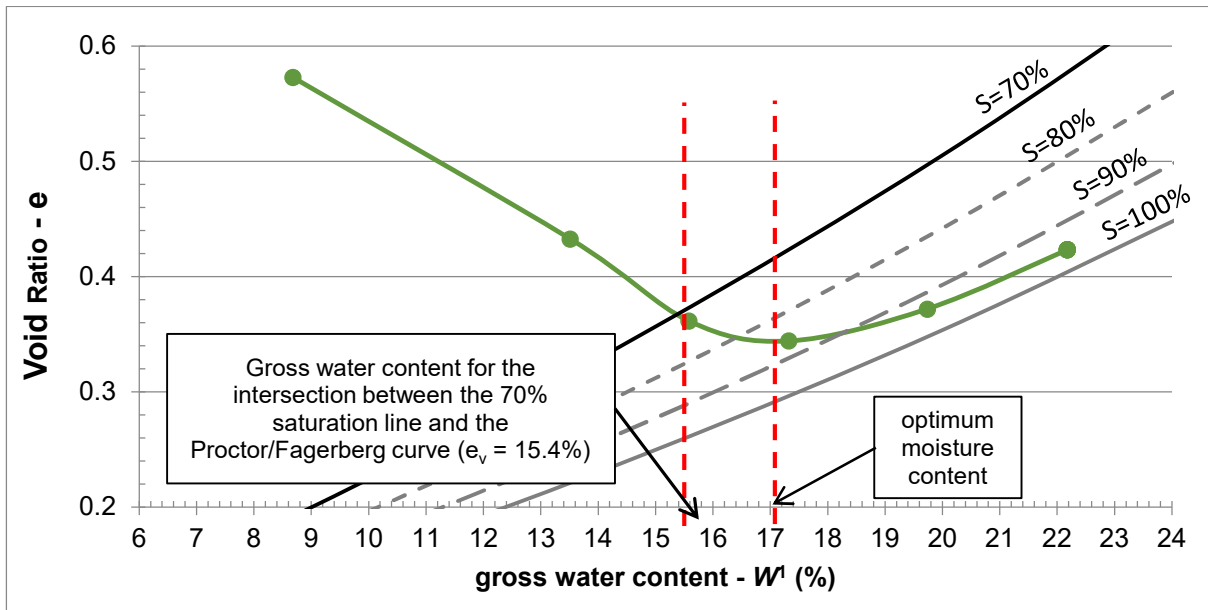


図 1.5.5.3.7 – 70 %, 80 %, 90 %, 100 % の飽和度の線を入れた間隙比と全水分値で示す測定された締固め曲線の例

1.5.5.3.8 運送許容水分値の決定

1.5.5.3.8.1 PFD70 水分値の決定

PFD70 値は、締固め曲線と、飽和度 $S = 70\%$ 線の交点に対応する全水分値として決定される。最適水分値 (OMC) は、所与の締固め条件下で最大の締固め (最大乾燥密度と最小空隙率) に対応する全水分値である。

この試験法は、OMC に対応する飽和度が 70% 以上である石炭の TML の決定に適用できる。OMC に対応する飽和度が 70% を下回っている場合、この試験はこの石炭には適用されず、PFD70 は過大な TML を与える恐れがある。こうした場合、分析の証書には、OMC に対応する飽和度が 70% 未満であることが記載される必要があり、荷送人は適切な主管庁の指示を仰ぐこと。

1.5.5.3.8.2 締固め曲線の決定可能な最高点が飽和度 70% 未満の場合

水が粒子の隙間を通過し、締固め曲線が飽和線 70% に達しないという視覚的な証拠がある石炭では、石炭は自由に水を通すと見なされ、TML 値は適用されない。このコードの第 7.2.2 節を参照すると、こうした石炭は液状化の恐れのない貨物であるため種別 B のみに分類される。

1.5.6 試験の報告

修正プロクター/ファガベリ試験法の適用の試験報告には、以下の情報を含むこと。

- 1 試料の識別
- 2 この試験法への一意的参照
- 3 真密度を測定するために採用された適切な規格への参照：

以下のうちどれか。

- 1 試料の運送許容水分値 (TML)、試料の質量百分率で表される全水分値
- 2 OMC に対応する飽和度が 70% を下回っており、この試験法は適用できない。または
- 3 試験は、飽和度 70% に対応する値を下回る水分値で、水が粒子間の隙間を通過することを示しており、よってこの石炭は種別 B のみ (非液状化貨物) であるという記述。

.4 g/cm³ 単位の真密度 *d*

表 1.5.6.1 – 石炭の修正プロクター／ファガベリ試験法を用いた石炭試料の TML 測定の例

日付	シリンダーの径	150 mm	
製品	シリンダーの高さ	120 mm	
試料	シリンダーの容積	2,121 mL	
初期全水分値 (%)	5.6	TML	15.4%
真密度	1,416 kg/m ³		
実験室温度	25°C	粒径区分	
モールドの質量 (A)	7,271 g	実施者	
初期乾燥密度	899 kg/m ³	タンパー	337.5 g

試験番号	追加した水	試料の質量	モールドとトレイ番号	トレイ質量	トレイの質量	湿試料とトレイの質量	乾燥試料とトレイの質量	全水分値	計測された全水分値	正味水分値	間隙比	乾燥密度	飽和度	湿見かけ密度	湿試料の質量	乾燥試料の質量	水の質量
	(ml)	(g)		(g)	(g)	(g)	(g)	(%)	(%)	(%v)		(g/cm ³)	(%)	(g/cm ³)	(g)	(g)	(g)
		<i>B</i>							<i>W¹</i>	<i>ev</i>	<i>e</i>	<i>γ</i>	<i>S</i>		<i>C</i>	<i>D</i>	<i>E</i>
1	0.00	9,360.00	T1	602.5	1,656.8	1,565.7	8.64	8.67	13.437	0.573	0.899	23.4	0.985	2,089.0	1,907.8	181.2	
			T2	602.3	1,643.1	1,552.5	8.70										
2	150.00	9,692.70	T3	630.7	1,811.7	1,649.6	13.73	13.51	22.097	0.433	0.988	51.1	1.142	2,421.7	2,094.6	327.1	
			T4	882.9	2,126.9	1,961.6	13.29										
3	250.00	9,881.60	T5	638.7	2,081.4	1,849.7	16.06	15.58	26.104	0.362	1.039	72.2	1.231	2,610.6	2,204.0	406.6	
			T6	632.4	1,822.6	1,643.0	15.09										
4	350.00	9,971.00	T7	882.2	2,349.9	2,095.4	17.34	17.31	29.630	0.344	1.053	86.1	1.273	2,700.0	2,232.5	467.5	
			T8	637.9	1,868.8	1,656.0	17.29										
5	450.00	9,996.20	T9	654.3	2,013.2	1,746.5	19.63	19.73	34.780	0.372	1.031	93.5	1.285	2,725.2	2,187.5	537.7	
			T10	639.6	1,999.4	1,729.7	19.83										
6	550.00	9,980.00	T11	885.0	2,251.5	1,931.6	23.41	22.17	40.311	0.423	0.994	95.2	1.277	2,709.0	2,108.4	600.6	
			T12	883.5	2,181.9	1,910.1	20.93										
7																	
8																	
9																	
10																	

注：上の例では、試験毎に二つの乾燥トレイを使用

Table 1.5.6.2 – プロクター／ファガベリ用円筒形モールドとハンマー仕様と公差

パラメータ	単位	寸法等	公差
ハンマー質量	g	337.5	± 2
ハンマー直径	mm	75	± 0.2
落下高さ	mm	150	± 2
チューブ (パイプ) 内径	mm	78	± 0.2
チューブ (パイプ) 外径	mm	82	± 0.2
チューブ (パイプ) の厚さ	mm	2	± 0.2

チューブ（パイプ）のクリアランス	mm	1.5	± 0.2
モールド内径	mm	150	± 0.5
モールド内側高さ	mm	120	± 1
モールド容積	cm ³	2,121	± 18
着脱式延長部高さ	mm	75	± 1
ベースから底面までの窪みの深さ	mm	1	± 0.2
モールドとベースの間のギャップ	mm	≤ 0.1	
モールドと延長部の間のギャップ	mm		(0 to + 0.1)
モールドとハンマーの間のクリアランス	mm	≤ 6	

1.6 ボーキサイト用修正プロクター／ファガベリ試験法

1.6.1 目的

.1 この節で規定される試験法（この試験）は、以下の両方を含むボーキサイト貨物の運送許容水分値の決定のみに用いること。

.1 30%を超える 1 mm 未満の粒子 ($D_{30} < 1 \text{ mm}$) 且つ

.2 40%を超える 2.5 mm 未満の粒子 ($D_{40} < 2.5 \text{ mm}$)

.2 ボーキサイト用修正プロクター／ファガベリ試験法で試験されたボーキサイトの最適水分値 (OMC) が 90% 以上の飽和度に対応する場合、貨物の TML は飽和度 80%に対応する臨界水分値に等しい。

.3 ボーキサイト用修正プロクター／ファガベリ試験法で試験されたボーキサイトの最適水分値 (OMC) が 90% 未満の飽和度に対応する場合、貨物の TML は飽和度 70%に対応する臨界水分値に等しい。

.4 水分が試料から自由に排出され、試験試料の締固め曲線が飽和度 70%に達しない場合は、試験は、この貨物では水が粒子間の隙間を容易に通過することを示している。よって、この貨物は種別 A には分類されない。

1.6.2 試験装置

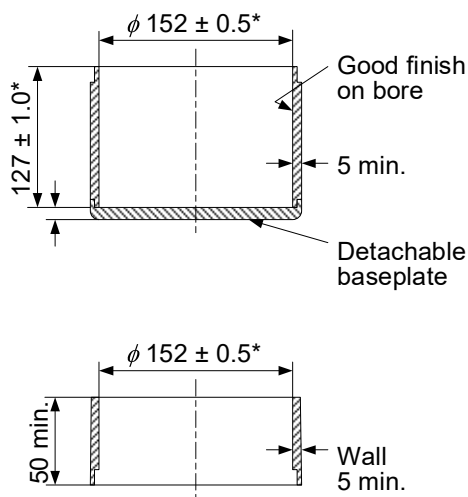
.1 プロクター装置（図 1.6.2 参照）は、着脱式の延長部（モールド頂部へのねじ込み式）を備えた円筒形の鋼製のモールド（CBR モールド）と、下端が開いたパイプによってガイドされる締固め具（締固めハンマー）で構成される。

.2 到着時試料と容器を±1 g 以上の精度で計量できる計量天びん（3.2 を参照）、及び適当な試料容器。

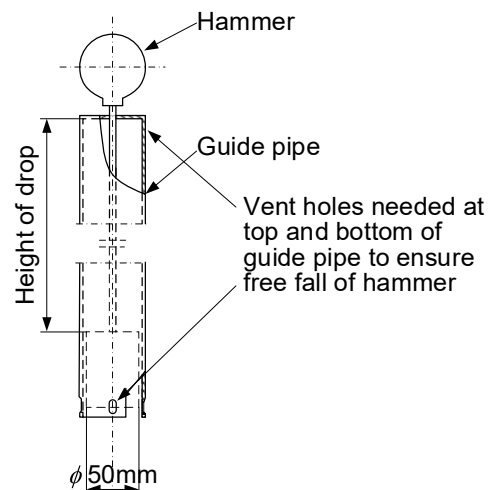
.3 100°C から 105°C までに温度を制御できる高温乾燥機。

.4 手による攪拌のための容器。攪拌過程において、粒径を破碎することにより粒径分布を小さくしないよう、凝集により粒径分布を大きくしないよう注意すること。

.5 適当な規格（例えば ASTM D 5550、AS 1289、BS 1377 Part 2）に従って真密度を測定するためのガスまたは水ピクノメトリー装置



CBR モールド 締固め容器及びねじ込み式延長部
(BS 1377 Part 4 より。寸法は mm 単位)



締固めハンマー

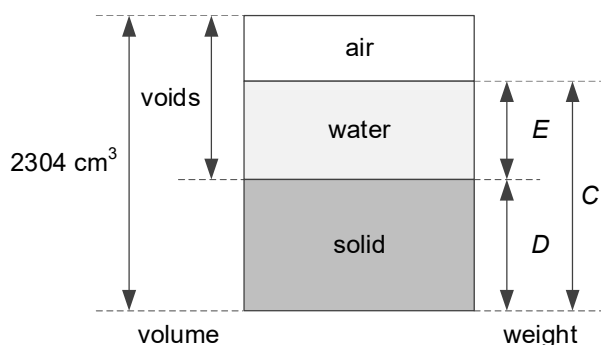


図 1.6.2 – 装置と定義

1.6.3 温度と湿度 (この附録の 1.1.3 参照)

1.6.4 手順

1. 完全な締固め曲線の作成

関連規格 (コード本文 4.7 節参照) に従って採取された代表試料を用いること。

2. 試料の均一化と取り分け

ISO 6140:1991 「アルミニウム鉱石-試料の準備」⁷に規定されている試料縮分装置を用いて、到着時試料を個々のサブサンプルに分割する。これらサブサンプルを、水分を保持するため、密封できる丈夫なプラスチック製のバケツに入れる。

3. 再構成試料の準備手順

代表試料のうち 25 mm を超える粒子の量が乾燥質量ベースで 10 % を超える場合、ボーキサイトの再構成が必要である。この場合以下に示すの再構成手順を適用すること (図 1.6.4.3 も参照)。この手順では、25 mm を超える粒子は試料から除去され、同質量の 6.3 mm から 25 mm の粒子で置き換えられる。6.3 mm は標準の篩径である点に留意のこと。

⁷ この ISO 標準は既に廃止されている。

(6.3 mm の篩が) 使用できない場合は、6 mm の篩で代用できる。再構成により、TML 試験に十分な質量の最終的な再構成試料が生成される。試料の最大粒径は 25 mm だが、この試料は、25 mm を超える粒子を含む到着時試料の全体の締固め特性を良く再現する。

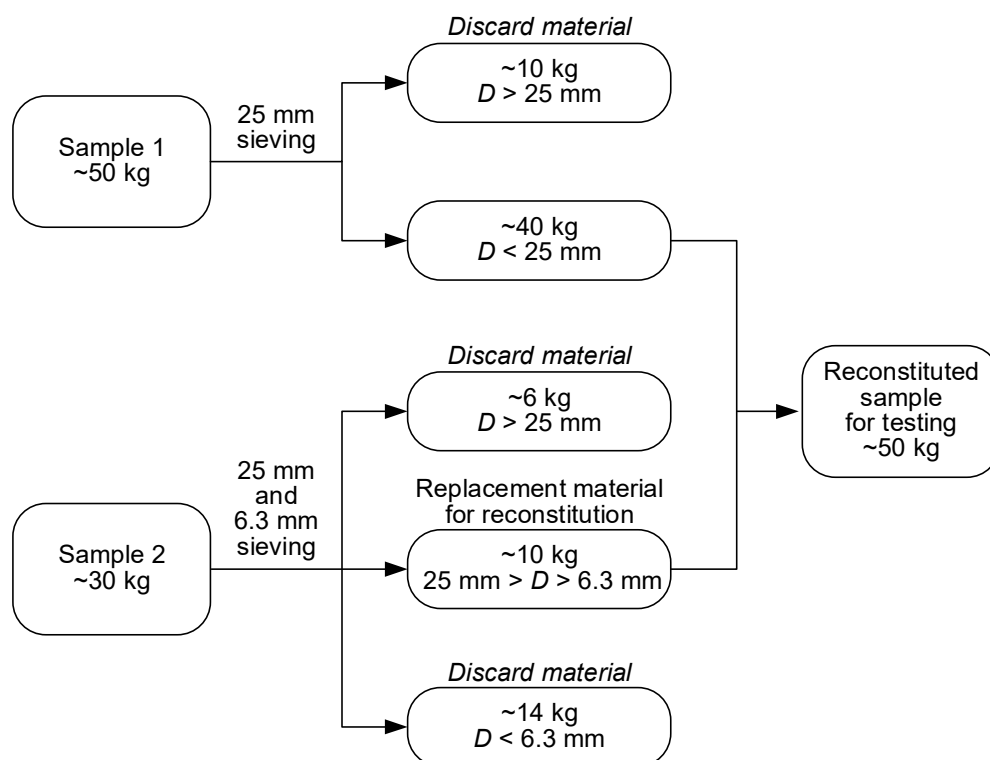


図 1.6.4.3 – 試料再構成手順の概略図

第 1 段階 試料準備の最初の段階は、25 mm で試料を篩にかけ、25 mm を超える粒子の乾燥質量を測定することである。25 mm の篩に残る物質は廃棄され、25 mm を通過する物質が試験される（図 1.6.4.3 参照）。再構成が必要な場合、1 本のプロクター／ファガベリ締固め曲線を得るのに約 40kg のボーキサイトの篩い分け（篩下試料の作成）が必要である。25 mm を超える粒子が乾燥重量ベースで 10% 以下の場合、再構成は不要である。1 本のプロクター／ファガベリ締固め曲線を得るには、合計約 50 kg の 25 mm 篩い分け用ボーキサイトが必要である。これを入手し、再構成が必要ない場合はステップ 4 に進む。

第 2 段階 再構成が必要な場合、同じ鉱石の別のサブサンプルを 25 mm と 6.3 mm で篩い分けし、これら二つの篩サイズ間の部分を残す。1 本のプロクター／ファガベリ締固め曲線のためには、この粒径（6.3～25 mm）のボーキサイトが約 15 kg 必要である（図 1.6.4.3 参照）。

第 3 段階 第 2 段階で得られる 6.3～25 mm の物質を、第 1 段階で得られる 25 mm 以下の物質に追加する。追加する 6.3mm～25 mm の物質の量は、第 1 段階で除去・廃棄した 25 mm 以上のボーキサイトの質量と等しくすること。

第 4 段階 再構成された試料、または、大きな粒子を除去した試料を完全に攪拌する。

4 締固め

締固め試験は、別々の試験で 5～10（通常は 7）の異なる水分値に対して行われる。試験の数は、最適水分値を正確に決定するための水分値を含み、また、完全な飽和またはこれに近い状態を含め、締固め曲線を完全に決定できるものにする。

再構成の要否にもよるが、通常一連の試験には合計で約 40 kg から 100 kg の篩い分けされていないボーキサイトが必要である。

粒径調製済みの（原文は"the screened bauxite"：再構成したもの又は 25 mm 以上の粒子を取り除いたものの意味）ボーキサイトを 5～10 個のサブサンプルに分け、それぞれを密封されたプラスチック製のバケツに入れる。サブサンプルの水分値は、到着状態からほぼ飽和状態までの範囲の水分値を得るため、各バケツに適切な量の水を加えて調製する。

通常、一回の試験は到着時の水分値で実施される。より高い水分値で 4～8 回の試験が実施される。到着時の水分値に応じて、到着時の水分値よりも低い水分値で一・二回の試験が実施される。これらの低水分値試験は、ボーキサイトサブサンプルを室温で部分的に乾燥させることによって得られる。ボーキサイトサンプルは完全乾燥させないように注意すること。一部のボーキサイトは予備乾燥に敏感ではありませんが、これが試験対象のボーキサイトについて包括的に実証されていない限り、予備乾燥は許可されないことに注意すること。

サブサンプルは、密封されたプラスチック製のバケツで一晩放置して均一化する前に、目標の水分値で攪拌される。確実に均質な試料を試験するため、プラスチック製のバケツの内容物は、締固めの直前に再度攪拌される。

締固め試験に必要なボーキサイトの準備量は約 5 kg なので、これが各サブサンプルの目標量である。サブサンプルは、完全な締固め曲線を決定するため、準備された水分値で締固めされる。

プラスチック製バケツのサブサンプルの約 5 分の 1 が、延長部が取り付けられた状態でモールドに充填され（図 1.6.2）、平坦にされて、最初の層が形成される。可塑性を示すボーキサイトは、水分が多いと粘着して塊を形成する傾向がある。モールドに物質を入れる際には、軽く手で、塊を小さな粒子に分解することが重要である。

次にボーキサイトは層の表面全体に均一に突き固められる。タンピングは、プロクター／ファガベリ D 法に従って、ガイドパイプを通して 150 g のハンマーを 58 回、毎回 0.15m 落下させることで行う。ガイドチューブは手で持ち、鉍石の表面に触れるだけで、その上に置かないように配置される。これにより、ハンマーが指定された高さまで落下してボーキサイトを締固めすると同時に、ボーキサイトを圧縮してはならないガイドチューブ自体の重量に起因する余計な（過度の）締固めを回避できます。

この動作は、最後の層はモールド延長部の接合部を埋めるだけになるように、5 層全てに対して繰り返される。目的は、五つのほぼ等しい層に締固めすることによって、所定のエネルギーにより均一に締固めされたモールドの容積の試料を生成し、モールドを充填することである。

延長部の中でボーキサイトは、モールド頂部からの高さが 1cm を超えないこと。ボーキサイトの高さが 1 cm を超えたことが分かったら、試料の締固め不十分であるため、試験をやり直すこと。

最後の層を突き固めた後、延長部を外し、注意して、試料はモールドの縁に沿って平らになるように取り除き、試料の上面を平坦にすることを妨げる可能性のある大きな粒子を確実に除去し、延長部に含まれる物質と交換して再度平坦にする。

（供試体の上部を）平坦にする手順は、水平方向に切り取る行為であって、所与のエネルギーで締固められた以上に所定の体積に物質を詰め込んでしまう、押し込む行為であってはならない。

突き固められた試料を含む容器の重量が測定された後、容器が空にされ、ボーキサイト用の ISO 水分測定規格（ISO 9033:1989「アルミニウム鉍石—ばら積み物質の水分値の測定」⁸）に従っ

⁸ この ISO 標準は既に廃止されている。

て、全試料は 105°C で乾燥され、重量が測定される。そして水分値が異なる他の試料に対して試験が繰り返される。

.5 定義と計算のためのデータ (図 1.6.2 参照)

- 空の容器の質量、グラム単位 : A
- 締固めた試料を含む容器の質量、グラム単位 : B
- 水分を含む試料の質量、グラム単位 : C

$$C = B - A$$

- 乾燥試料の質量、グラム単位 : D
- 水の質量、グラム単位 (cm^3 単位の体積に同じ) : E

$$E = C - D$$

容器の容積 : $2,304.5 \text{ cm}^3$

.6 主な性状の計算

- 真密度、単位は g/cm^3 (t/m^3) : d
- 乾燥状態の見かけ密度、単位は g/cm^3 (t/m^3) : γ

$$\gamma = \frac{D}{2,304}$$

- 正味水分値、体積百分率 : e_v

$$e_v = \frac{E}{D} \times 100 \times d$$

- 間隙比 : e (間隙の体積を固体部分の体積で割った値)

$$e = \frac{d}{\gamma} - 1$$

- 飽和度、体積百分率 : S

$$S = \frac{e_v}{e}$$

- 全水分値、質量百分率 : W^1

$$W^1 = \frac{E}{C} \times 100$$

- 正味水分値、質量百分率 : W

$$W = \frac{E}{D} \times 100$$

.7 締固め試験の表現

各締固め試験の結果は、正味水分値 (e_v) と飽和度 (S) を横軸として、計算された間隙比 (e) の値を縦座標としてプロットする。

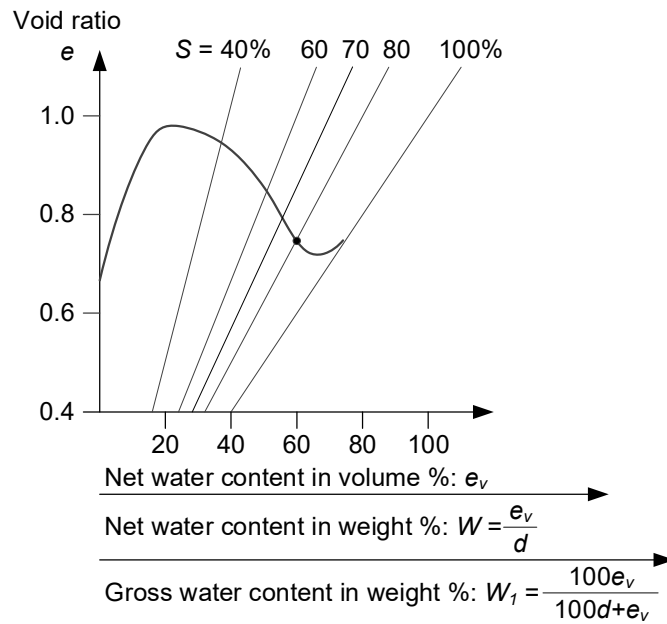


図 1.6.4.7.1

最適水分値が 90 % を超える飽和度で発生した場合のボーキサイト締固め曲線の形 TML は、飽和時 80 % に対応する臨界含水量である。

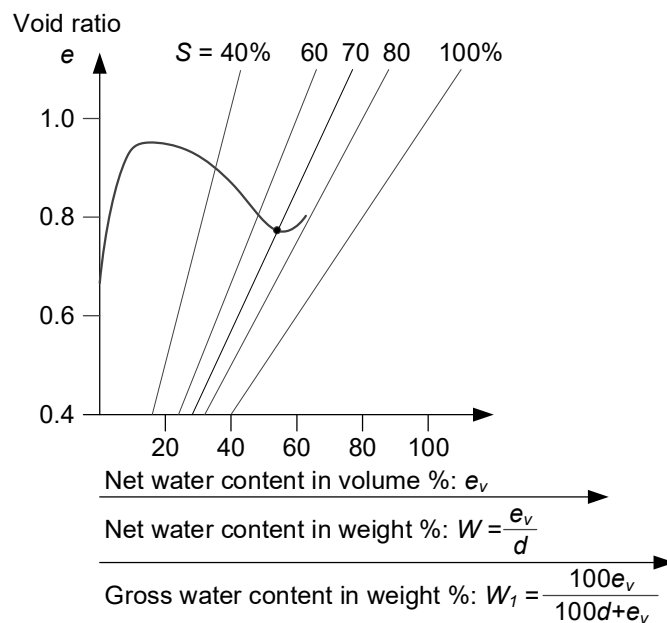


図 1.6.4.7.2

最適水分値が 90 % 未満の飽和度で発生した場合のボーキサイト締固め曲線の形 TML は、飽和時 70 % に対応する臨界含水量である。

.8 締固め曲線

試験手順は、特定の締固め曲線を与える（図 1.6.4.7.1 及び図 1.6.4.7.2 参照）。

ボーキサイトの最適水分値（OMC）が飽和度 90 % 以上で生じる場合、臨界水分値は、締固め曲線と飽和度 $S = 80\%$ の線の交点で示される（図 1.6.4.7.1 参照）。TML は臨界水分値である。

ボーキサイトの最適水分値（OMC）が飽和度 90 % 未満で生じる場合、臨界水分値は、締固め曲線と飽和度 $S = 70\%$ の線の交点で示される（図 1.6.4.7.2 参照）。TML は臨界水分値である。

OMC 近傍の両側の水分値で十分な数の試験が行われ OMC が明確に決定できる場合を除いて、 $S = 80\%$ に基づく TML を採用してはならない。（この場合）TML は $S = 70\%$ に基づくものとする。これは締固め曲線の定義が不十分なため、高い OMC が誤って採用されるのを防ぐためである。

締固め曲線が飽和度 70% に達しない水分値で、試料から水分が非常に容易に排出される場合、試験は水が粒子間の隙間を自由に通過する貨物であることを示す。

2 静止角を決定する手順及び関連する装置

2.1 細かな粒状物質（粒径 10 mm 未満）の静止角の決定：実験室または積み荷港で使用するための「傾斜箱試験」

2.1.1 目的

この試験は細かい粒状（粒径 10 mm 未満）の非粘着性物質の静止角を決定するためのものである。得られた結果は当該物質について本コードの第 5 章及び第 6 章を解釈する際に使用できる。

2.1.2 定義

このテストで得られる静止角は、傾斜箱内の物質の一定量が滑り始めた時の、傾斜箱の水平からの角度である。

2.1.3 試験の原理

この試験で静止角を計測する際には、物質の上面は最初、平坦且つ傾斜箱の基線と平行にすること。傾斜箱は振動させることなく傾斜させ、物質の一定量が滑り始めた時点で傾斜を止める。

2.1.4 装置（図 2.1.4 参照）

装置は以下の通り。

- .1 フレーム（枠）に取り付けられた上部が空いている箱。箱を制御された状態で傾斜させるため、箱のフレームへの取り付けは、フレームと箱の両方の端部に取り付けられたベアリングを通る軸による。
- .2 箱の大きさは、長さ 600 mm、幅 400 mm、高さ 200 mm.
- .3 傾斜時における箱の底面における物質の滑りを防止するため、底にグレーチング（開口 30 mm×30 mm×25 mm）をしっかりと固定される。
- .4 箱の傾斜は、フレームと箱の底部の間に取り付けられた油圧シリンダーによる。必要な傾斜を得るために他の手段を使用しても良いが、振動を排除すること。
- .5 油圧シリンダーを加圧するには、空気またはガスによって約 0.49 MPa（原文の数値は 5 kilopound/cm²）に加圧されたアキュムレータを使用できる。
- .6 傾斜速度は毎秒約 0.3°とすること。
- .7 最低でも 50°まで傾斜させられること。
- .8 シャフトの端には分度器が取り付けられている。分度器のレバーの 1 つは水平となるようネジで調整できる。
- .9 分度器は、箱の上部の水平に対する角度を 0.5°刻みで測定できるものであること。
- .10 分度器の零点較正用に、水準器またはその他の水平を出す装置を用意すること。

2.1.5 手順

均一にするため、試験する物質は、ゆっくりと注意深く、できるだけ低い位置から箱に注いで、箱を満たすこと。余分な物質は、除去する（動かす）方向に対して約 45°にしたストレートエッジ（straight edge）によって除去する。そして傾斜を開始し、物質の一定量が滑り始めた時点で傾斜を止める。箱の上面の水平に対する角度を分度器で計測し記録する。

2.1.6 評価

静止角は 3 回の測定の平均とし、0.5°刻みで求める。

注 可能であれば、試験は三つの独立した試料で実施すること。試験に先立って、シャフトが水平に調整されていることを確認すること。

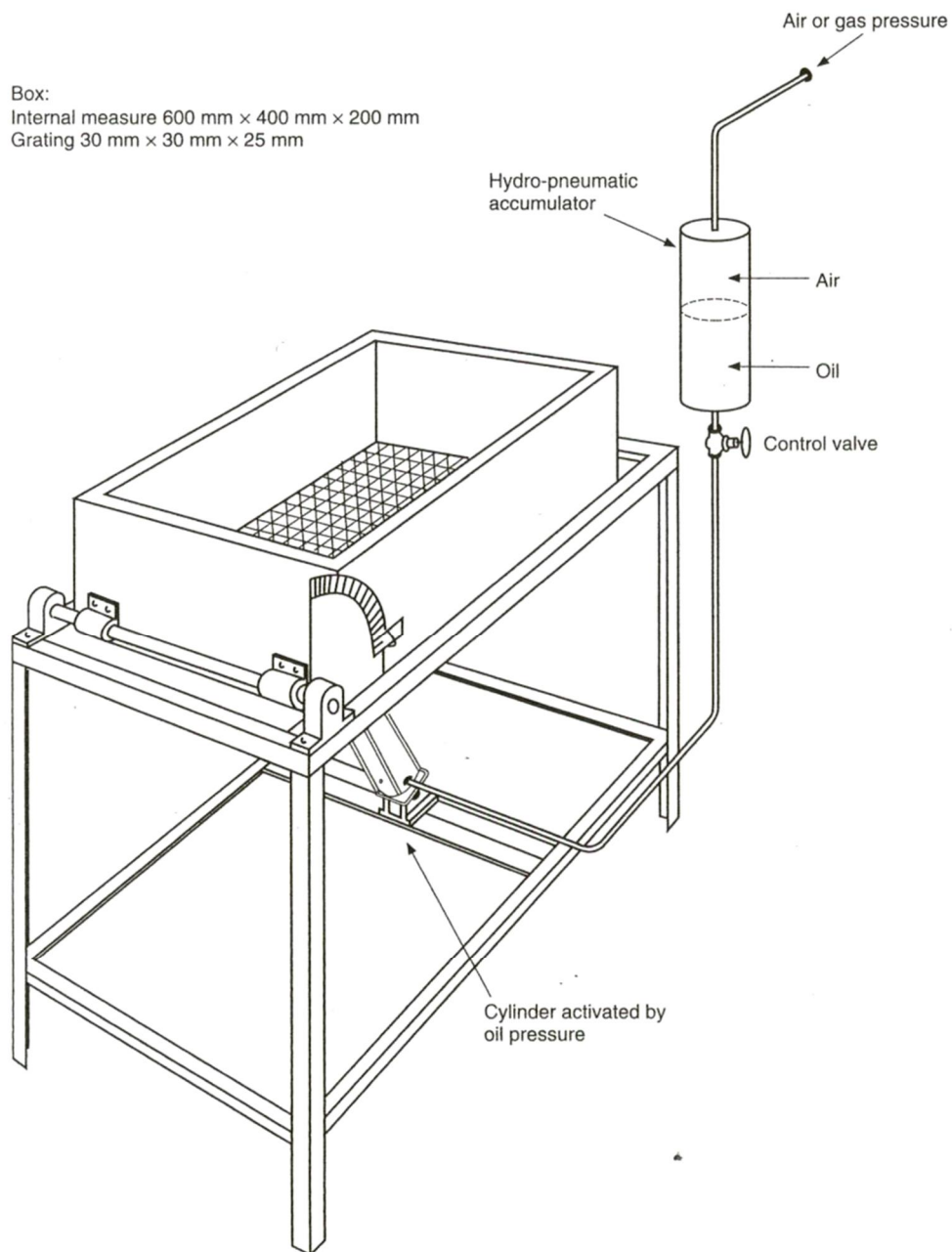


図 2.1.4 傾斜箱の基本スケッチ

2.2 静止角の決定に使用される傾斜箱が利用できない場合の代替または船上での試験方法

2.2.1 定義

この試験では、静止角は、円錐の半分の高さにおいて、円錐の斜面が水平面に対して成す角度である。

2.2.2 試験の原理

静止角を決定するため、対称な円錐が形成されるように、十分な量の試験される物質を、十分に注意して、フラスコからざらざらした紙の上に注ぐ。

2.2.3 装置

試験に必要な機器は以下の通り。

- 振動のない水平な台
- 物質を注ぐざらざらした紙のシート

- 分度器
- 3リットルのフラスコ

2.2.4 手順

紙を台に置く。10 L の試験する物質を三つの試料に分け、それぞれを以下の方法で試験する。

試料の 3 分の 2 (2 L) をシートに注ぎ、円錐の生成を開始する。次に、残りの試料を、円錐頂部より数ミリメートルの高さから注意深く注ぐ。その際、円錐が対称に積み上がるよう注意する。これは、試料を注ぐ際に、フラスコを円錐の頂部付近でゆっくりと回転させる（試料を注ぐ）ことで達成できる。

角度を測定する際は、分度器が円錐に触れないように注意する。そうしないと、材料が滑って試験が失敗する恐れがある。

角度は円錐の周囲 90 度刻みの 4 箇所計測すること。

他の二つの試料についても試験を繰り返す。

2.2.5 計算

静止角は、測定された 12 の角度の平均値とし、0.5°刻みで報告すること。この値は、以下の式により、傾斜箱試験による静止角に換算される。

$$a_T = a_S + 3^\circ \quad (2.2.5)$$

ここで a_T = 傾斜箱試験による静止角

a_S = この調査試験による静止角

3 節、4 節、5 節及び 6 節は省略した。