

1 空気量

空気量の試験方法は、JIS A 1128 : 2005「フレッシュコンクリートの空気量の圧力による試験方法—空気室圧力方法」による。

1. 1 空気量試験器具

空気量測定器： a) 空気量測定器は、図1に示すようにコンクリートとふたとの間の空間に注水して試験するように造られたものとする。(注水しないで試験するように造られたものを用いてもよい。)

b) 容器は、フランジ付きの円筒状容器で、その材質はセメントペーストに容易に侵されないものとし、水密で十分強固なものとする。また、容器の直径は、高さの0.75～1.25倍に等しくし、その容積は注水して試験する場合(注水法)は、少なくとも5ℓとし、注水しないで試験する場合(無注水法)は、7ℓ程度以上とする。

さらに、容器はフランジ付きでふたと高圧下で密封される構造となっているものとし、内面及びフランジの上面を平滑に機械仕上げしたものとする。

c) ふたは、フランジ付きでその材質は容器と同様にセメントペーストに容易に侵されないものとし、水密で十分強固なもので、注水口及び排水(気)口を備えていなければならない。ふたの下面及びフランジの下面は、平滑に機械仕上げしたものとする。

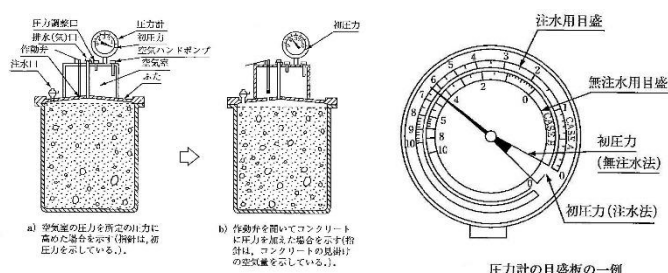
d) ふたの上面には、容器の約5%の内容量をもつ空気室を取り付ける。空気室は、圧力調整弁、空気ハンドポンプ、圧力計及び作動弁を備えていなければならない。

なお、作動弁はふたと容器とを組み立てた場合に、100kPaの圧力で空気及び水が漏れず、通常の使用圧力下において空気量の目盛で0.1%以下の膨張に抑えられる剛性をもつものでなければならない。

さらに、空気室内の高圧の空気を容器に噴出し、かつ、空気室に水が浸入しないような構造でなければならない。

e) 圧力計は、容量約100kPaで1kPa程度の感度のものとする。その目盛板の直径は9cm以上とし、容器中の空気量に相当する圧力の点に空気量の分率(%)を少なくとも8%まで目盛、また初圧力を明示したものとする。

突き棒：突き棒は、直径16mm、長さ500～600mmの鋼又は金属製丸棒で、その先端を半球状とする。



1. 2 空気量試験方法

- a) 試料を容器の約 $\frac{1}{3}$ まで入れ、ならした後、容器の底を突かないように各層を突き棒で25回均等に突く。突き穴がなくなり、コンクリートの表面に大きな泡が見えなくなるように、容器の側面を10～15回木槌などでたたく。さらに容器の約 $\frac{2}{3}$ まで試料を入れ、前回と同様の操作を繰り返す。
最後に容器から少しあふれる程度に試料を入れ、同様の操作を繰り返した後、定規で余分な試料をかき取ってならし、コンクリートの表面と容器の上面とを一致させる。突き棒の突き入れ深さは、ほぼ各層の厚さとする。
- b) 振動機で締め固める場合には、JIS A 1116の5.2（振動機で締め固める場合）によって行うものとする。試料は2層に分けて入れ、各層の断面を3等分に分けて締め固める。振動機は、その層が底又は側面に触れないようにし、振動機を抜く際には、空気穴が残らないように注意する。振動持続時間はコンクリートのワーカビリティと振動機の性能によって定める。ただし、スランプ8cm以上の場合には、振動機を用いない。
- c) 容器のフランジの上面と、ふたのフランジの下面を完全にぬぐった後、ふたを容器に取り付け、空気が漏れないように締め付ける。排水口から排水されて、ふたの裏面と水面との間の空気が追い出されるまで軽く振動を加えながら注水口から注水する。最後にすべての弁を閉じる。
- d) 空気ハンドポンプで空気室の圧力を初圧力よりわずかに大きくする。約5秒後に調整弁を徐々に開いて、圧力計の指針が安定するよう圧力計を軽くたたき、指針を初圧力の目盛に正しく一致させる。約5秒経過後、作動弁を十分に開き、容器の側面を木槌などでたたく。
再び、作動弁を十分に開き、指針が安定してから圧力計の目盛を小数点以下1けたで読む⁽¹⁾。その読みを、コンクリートの見掛けの空気量 (A_1) とする。測定終了後は、ふたを外す前に注水口と排水（気）口を両方開いて圧力を緩める⁽²⁾。

注⁽¹⁾ 必要があれば、「参考 空気量測定器のキャリブレーション 空気量の目盛のキャリブレーション c)」によってこの読みを補正する。

注⁽²⁾ 容器及び空気室の両方の圧力を緩める前に作動弁を開かないように注意する。これを怠ると水が空気室に入り、その後の測定に誤差を生むことになる。

1. 3 コンクリートの空気量の計算

コンクリートの空気量 (A) は、次の式によって算出する。

$$A = A_1 - G$$

ここに、
 A : コンクリートの空気量 (%)
 A_1 : コンクリートの見掛けの空気量 (%)
 G : 骨材修正係数⁽³⁾

注⁽³⁾ 骨材修正係数が0.1%未満の場合は、省略してよい。

※普通骨材を用いる場合は、骨材修正係数が0.1%未満となるので省略してよい。

参考 空気量測定器のキャリブレーション

1) 容器のキャリブレーション

- a) 容器を水平な場所に置き、容器のフランジに沿ってカップグリースを薄く塗る。
- b) 容器の高さの9割程度まで水を入れ、磨きガラス板を当て、残りの水を足しながらガラス板をフランジに沿って移動し、泡を残さないように水を満たす。
- c) このときの水温 (t_1) °Cをはかる。
- d) 容器からあふれた水が付着している場合は、水をふき取り、容器とガラス板の質量 (m_1) を1 gまではかる。
- e) 容器内の水を捨て、容器に付着した水をふき取り容器の質量 (m_2) を1 gまではかる。
- f) ガラス板に付着した水をふき取りガラス板の質量 (G_1) を1 gまではかる。
- g) 容器の容積 (V_C) は、次の式によって算出する。

$$V_C = \frac{m_1 - (m_2 + G_1)}{\rho_w}$$

ここに、 ρ_w : 水温(t_1)°Cのときの水の密度

2) 初圧力の決定

- a) 容器に水を満たし、ふたの表裏を通気できるようにしておいて、静かにふた⁽¹⁾を容器に取り付ける。ふたを取り付けた後、排水口を開け、ふたの裏側と水面との間の空気が追い出されるまで注水口から注水する。

注⁽¹⁾ キャリブレーション器具(図1参照)は、この際にふたに取り付けておく。

※キャリブレーションのため、必要な水量を簡単な操作で器外に取り出せるような器具(長さ50mmのキャリブレーションパイプ、延長チューブを用意する。

備考 無注水法の場合には、あらかじめ満水の質量をはかり、容器にふたを取り付けた後に、その質量だけ注水する。

- b) すべての弁を閉じ、空気ハンドポンプで空気室の圧力を初圧力よりわずかに大きくする。約5秒後に調整弁を徐々に開いて、圧力計の指針を初圧力の目盛に正しく一致させる。
- c) 作動弁を十分に開き、空気室の気圧と容器内の圧力とを平衡させて圧力計を読み、その読みが空気量0%の目盛と正しく一致するかどうかを調べる。これが一致しない場合には、空気及び水の漏れの有無、その他を点検した後、キャリブレーションを繰り返す。2~3回繰り返したとき、圧力計の指針は同じ点を指すが、零点に一致しない場合には、初圧力の目盛の位置を、指針が零点にとどまるように移動する。この後操作を繰り返し、初圧力の目盛の位置が適切であったかどうかを確かめる。

備考 無注水法の場合には、無注水用目盛(圧力計の目盛板の一例 参照)を読む。

3) 空気量の目盛のキャリブレーション

a) 2) の a) と全く同様の操作を行い、さらに、次の操作を行う。

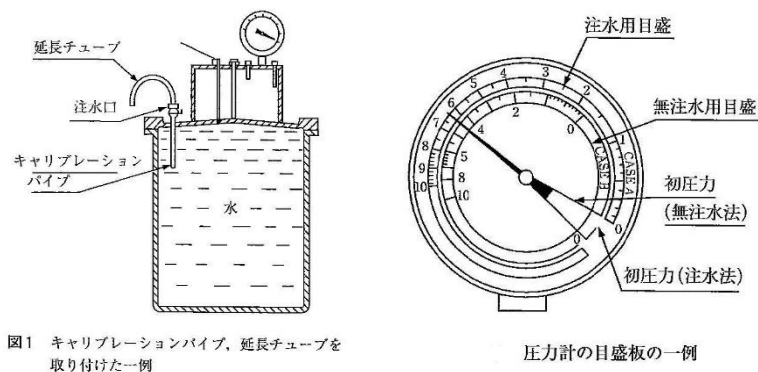
- (1) キャリブレーション用器具を用いて容器内の水を約 100～140 ml (空気量で約 2%) メスシリンダーに取りだし、容器の容量に対する分率 (%) で表す。
- (2) 容器内の気圧を大気圧に等しくして閉め切り、空気室内の気圧を初圧力まで高める。
- (3) 作動弁を開いて高压の空気を容器内に導く。
- (4) 圧力計の指針が安定してから空気量の目盛を読む。

b) 再び a) に準じて容器内の水を取り出し、取り出した水量の和を容器の容量に対する分率 (%) で表す。a) と同様にして空気量の目盛を読む。

c) 前記の操作を 4～5 回 (空気量約 2% ピッチ) 行い、取り出した水量の容器の容量に対する分率 (%) と空気量の目盛とを比較する。

これらの値がそれぞれ一致しているときには、空気量の目盛は正しい。一致しない場合には、両者の関係を図示する。この図を空気量のキャリブレーションに用いる⁽²⁾。

備考 圧力計を読む場合には、圧力計の針が安定するよう、毎回圧力計を指で軽くたたいてから読む。



参考 フレッシュコンクリートの空気量測定原理（ボイルの法則）

フレッシュコンクリートの空気量の圧力による試験方法—空気室圧力方法「JIS A 1128」の測定原理は、「ボイルの法則」に基づくものである。

ボイルの法則：「温度が一定のとき、理想気体の体積は圧力に反比例する。」

※気体にかかる圧力が大きいと気体の体積は小さくなり、気体にかかる圧力が小さいと気体の体積は大きくなる。

$$PV = k \text{ (一定)}$$

すなわち、温度が同一な二つの状態A、Bについて次の関係が成り立つ。

$$P_A V_A = P_B V_B$$

ここに、P：圧力

V：体積

(例) 2気圧×12ℓ=4気圧×6ℓ PV=24 両辺がつり合っている。

フレッシュコンクリートの空気量測定方法（JIS A 1128）は、上記の原理を応用したもので、フレッシュコンクリート中で唯一、圧力をかけて圧縮できるものはフレッシュコンクリート中に含まれる空気であることに着目したものである。

(計算例)

空気量測定器の容器の容積=V (ℓ)

空気室の容積=V₁ (ℓ)

容器内の空気量 (実容積) =V₂ (ℓ)

初圧力=P₁ (kPa)

平衡圧力 (作動弁を開いた後の圧力) =P₂ (kPa)

V=7ℓ V₁=0.35ℓ V₂=Xℓ P₁=100kPa P₂=64.5kPaとすると、作動弁を開く前と開いた後の二つの状態に関して「ボイルの法則」を適用すると以下の式が成り立つ。

$$V_1 \times P_1 = (V_1 + V_2) \times P_2 \quad \text{式を変形すると、} V_2 = \frac{V_1}{P_2} \times (P_1 - P_2) \text{ となる。}$$

$$V_2 = 0.35 \div 64.5 \times (100 - 64.5) = 0.193\ell$$

0.193ℓは、フレッシュコンクリート中の空気量の実容積であるので、容器の容積に対する分率 (%) で示すと、

$$0.193 \div 7 \times 100 = 2.76\% \text{ となる。}$$

空気量測定器は、容器の大きさが決まっており、容器内の空気量と圧力の関係が決まっているので圧力計の目盛を容器内の空気量に置き換えることができ、空気量を直接示することができる。