

NDIS 意見受付

NDIS3436 コンクリートの非破壊試験
一表層透気試験方法
原案作成委員会

このNDISは「日本非破壊検査協会規格（NDIS）制定等に関する規則」に基づき関係者に
NDISの制定前の意見提出期間を設けるために掲載するものです。

意見は規格原案決定の際の参考として取り扱いさせていただきます。

掲載されているNDISについての意見提出は下記メールアドレスまでお願いいたします。

意見受付締切日：2020年3月31日（火）

意見提出先：Email: bsn@jsndi.or.jp

まえがき

この規格「NDIS3436-2」に従うことは、次の者の有する特許権「特許第 4009118 号」等の使用に該当するおそれがあるので、留意する。ただし、“Permea-TORR”(Materials Advanced Services Ltd.)を用いて試験する場合には、当該特許権等には抵触しない。

(特許権者)

氏名 1: 学校法人中村産業学園

住所 1: 福岡県福岡市東区松香台 2 丁目 3 番 1 号)

氏名 2: 富士テック株式会社

住所 2: 埼玉県さいたま市南区根岸 5 丁目 17 番 5 号

上記の特許権等の権利者は、非差別的かつ合理的な条件でいかなる者に対しても当該特許権等の実施の許諾等をする意思のあることを「福岡県開放特許 2014-039」で表明している。ただし、この規格に関連する他の特許権等の権利者に対しては、同様の条件でその実施が許諾されることを条件としている。

この規格に従うことが、必ずしも、特許権の無償公開を意味するものではないことに注意する必要がある。

この規格の一部が、上記に示す以外の特許権等に抵触する可能性がある。一般社団法人日本非破壊検査協会は、このような特許権等に関わる確認について、責任はもたない。

なお、ここで“特許権等”とは、特許権、出願公開後の特許出願又は実用新案権をいう。

日本非破壊検査協会規格

NDIS 3436-2 : 202X

コンクリートの非破壊試験－表層透気試験方法

第 2 部：ダブルチャンバー法

Non-destructive testing of concrete－Air permeability testing method

Part 2 : Double chamber method

1 適用範囲

この規格は、ダブルチャンバー法によるコンクリートの表層透気試験方法について規定する。

2 引用規格

次に掲げる規格は、この規格に引用されることによって、この規格の規定の一部を構成する。これらの引用規格は、その最新版（追補を含む。）を適用する。

JIS A 0203 コンクリート用語

JIS Z 8126-1 真空技術－用語－第 1 部：一般用語

NDIS 3436-1 コンクリートの非破壊試験－表層透気試験方法 第 1 部：一般通則

NDIS 3436-5 コンクリートの非破壊試験－表層透気試験方法 第 5 部：校正器

3 用語及び定義

この規格に用いる主な用語の定義は、**JIS A 0203**、**JIS Z 8126-1**、**NDIS 3436-1** によるほか、次による。

3.1

ダブルチャンバー

透気試験においてコンクリート表面に取付ける内部と外部の独立 2 重セル構造をもつ真空容器。

3.2

透気係数 (K_T)

透気性の指標で、ダブルチャンバー法による試験装置を用いて計測し、減圧後からの圧力変化と時間の関係から算出する値。

4 試験技術者

この規格を適用して試験を行う技術者は、試験方法の原理及び試験装置、並びにコンクリート構造物に関する基礎知識をもち、適切に試験が実施できる者とする。

5 試験用具

5.1 ダブルチャンバー法試験装置

ダブルチャンバー法に用いる試験装置（ダブルチャンバー法試験装置）の構成例は、図 1 のとおりである。装置を構成している各機器の性能は、次のとおりとする。

a) 圧力計

圧力計（圧力センサー）は、測定範囲は 0 kPa～大気圧、目量は 0.01 kPa。

b) ダブルチャンバー

ダブルチャンバーは、測定に用いるチャンバーが内部と外部の独立 2 重セル構造であり、内部チャンバーの断面積と内部チャンバーから圧力計（接続ホースも含む）までの全ての容積を示すことができ、外部チャンバーの直径は内部チャンバーの直径の 2 倍以上。

c) 真空ポンプ

真空ポンプは、チャンバー内部を所定の圧力まで減圧できる能力をもつ。

d) 圧力調整器

内部チャンバーの圧力変化に合わせて外部チャンバーの圧力をダイヤフラム、又はレギュレーターを用いて等価にでき、両者の圧力差を 0.5 kPa 以下に調整する。

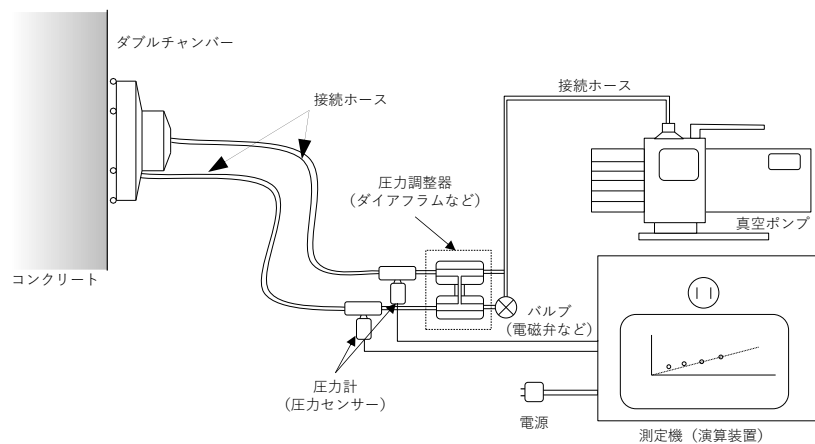


図 1-試験装置の構成（例）

5.2 温度計

測定範囲は、下限 0 °C 以下、上限 50 °C 以上、目量は 1 °C 以下とする。

5.3 対比試験片

対比試験片は、気体の透過率が極めて低く（試験装置ごとに定まる測定終了時間において対比試験片からの透過による圧力の変化が所定の圧力以下）、減圧時の変形が限りなく小さい素材を用いた平板。

注記 厚さ 5 mm 以上のアクリル樹脂又は厚さ 1 mm 以上の金属を用いるとよい。

5.4 校正器

校正器は、NDIS 3436-5 に規定されたもの。

6 定期点検

定期点検の時期、実施者及び点検方法は、次による。

a) **時期** 定期点検は、試験装置の使用頻度を考慮し、試験技術者が定めた期間ごとに行う。

b) **実施者** 定期点検は、試験装置の製造者又はその代理者に依頼して行う。

c) **点検方法** 定期点検は、外観及び性能を確認する。流量と圧力の校正は、校正器を用いて所定の

流量ごとに、試験装置によって単位時間当たりの流入量を測定し、両者の関係が線形であることを確認する。

注記 附属書 A の方法によってもよい。

7 試験方法

7.1 試験計画

試験目的に応じ、試験箇所、試験箇所数などを選定する。

7.2 試験条件

試験条件は、次のとおりである。

- a) 試験は、原則として、環境温度が 5℃～40℃の範囲内で行う。また、コンクリートは凍結していないこと。

注記 環境温度が低い時に真空ポンプを連続的に稼働停止した場合、真空ポンプの性能低下を防ぐ対策を取り、日常点検を適宜実施して性能を確認するとよい。また、装置に直射日光が当たり、装置の温度が気温より高くなる場合は、日射を防ぐ対策を取るのがよい。

- b) 試験箇所は、目視によって水掛かり・ひび割れの有無を確認する。原則として、濡れ色のない箇所とする。

注記 試験箇所の含水状態については、附属書 B の B.2.1 を参照するとよい。

7.3 試験準備

試験を始めるにあたり、次のとおり準備する。

- a) 試験面に粉塵などが付着している場合は、ウエス、はけなどを用いて取り除く。
b) 試験装置は図 1 に示すように、ダブルチャンバー、圧力計、真空ポンプを耐圧性のある接続ホースによって接続する。
c) 真空ポンプの性能及び圧力計の作動状況を確認するため、真空ポンプの暖気運転を実施する。暖気運転は、ダブルチャンバーに取り付けられている圧力計の指示値が安定するまで行う。

7.4 日常点検

日常点検は、時期、実施者及び点検方法は、次による。

- a) **時期** 日常点検は、試験開始前、必要に応じて試験の途中及び試験終了時に行う。

注記 試験装置を 1 時間以上停止した場合は、日常点検を実施するのがよい。

- b) **実施者** 日常点検は、試験技術者が行う。

- c) **点検方法** 暖気運転の後、ダブルチャンバーを対比試験片に押し当て、7.5 試験手順によって点検を行う。ダブルチャンバーから圧力計までの接続部からの漏れと、対比試験片からの透過による圧力の変化の合計が、試験装置ごとに定まる測定終了時間において、所定の圧力以下であることを確認する。又は、製造者が定める漏れ量以下とする。

注記 日常点検は、附属書 B の B.2.2 c) を参照するとよい。

7.5 試験手順

試験手順は、次のとおりである。

- a) 試験開始ごとに圧力計を用いて試験箇所における大気圧を測定する。併せて、環境温度を測定し記録する。
b) 真空ポンプを稼働状態にし、ダブルチャンバーを試験箇所に押し当て、試験を開始する。
c) 真空ポンプによってダブルチャンバー内を所定時間減圧する。

注記 減圧する時間は**附属書 B の表 B.1**を参照するとよい。

d) 所定時間後からの圧力変化量を所定時間まで一定の間隔で測定する。

注記 試験装置の設定値は**附属書 B の表 B.1**を参考にするとよい。又、同一の試験箇所を繰り返して測定が必要な場合は、測定終了後 15 分以上の間隔を設ける。

8 透気係数の計算

透気係数は、式(1)によって求める。

$$K_T = \left(\frac{V_c}{A} \right)^2 \frac{\mu}{2\varepsilon P_a} \left(\frac{\ln \frac{P_a + \Delta P}{P_a - \Delta P}}{\sqrt{t_f} - \sqrt{t_0}} \right)^2 \dots\dots\dots (1)$$

ここに、

K_T	: 透気係数	($\times 10^{-16} \text{ m}^2$)
V_c	: 内部チャンバーの体積	(m^3)
A	: 内部チャンバーの断面積	(m^2)
μ	: 空気の粘性	($\text{Pa} \cdot \text{s}$)
ε	: 空隙率	
P_a	: 大気圧	(Pa)
ΔP	: $t_0 \sim t_f$ 間の圧力増分	(Pa)
t_f	: 測定の終了時間	(s)
t_0	: 測定開始時間	(s)

9 報告

9.1 必ず報告する項目

必ず報告する項目は、次による。

- a)** 構造物の名称、所在地
- b)** 構造物の概要（竣工年、規模、用途、履歴など）
- c)** 試験日時、天候、外気温（ $^{\circ}\text{C}$ ）
- d)** 試験技術者名、資格など
- e)** 使用装置（ダブルチャンバーの断面積・体積、日常点検結果など）
- f)** 試験箇所、範囲
- g)** 試験結果（透気係数）
- h)** 試験箇所の含水状態（水掛かりの有無、ひび割れの有無、降雨の記録）

9.2 必要に応じて報告する事項

必要に応じて報告する事項は、次による。

- a)** コンクリートの配合、使用材料（セメントの種類、粗骨材の最大寸法）
- b)** 仕上げ材の有無と種類
- c)** 関連試験結果（含水率など）
- d)** その他必要事項（定期点検結果、真空ポンプの性能など）

附属書 A
(参考)

ダブルチャンバー法試験装置の定期点検方法

A.1 一般

この附属書は、ダブルチャンバー法試験装置の定期点検方法について記述する。

A.2 引用規格

次に掲げる規格は、この方法に引用されることによって、この附属書の一部を構成する。これらの引用規格は、その最新版（追補を含む。）を適用する。

JIS B 0100 バルブ用語

JIS Z 2332 圧力変化による漏れ試験方法

NDIS 3436-5 コンクリートの非破壊試験－表層透気試験方法 第 5 部：校正器

A.3 定期点検

A.3.1 点検方法の概要

定期点検は、試験装置の目視点検及び動作確認、並びに NDIS 3436-5 に規定する校正器及び圧力計を用いて、圧力変化の確認を実施する。

定期点検は、粉塵の少ない室内環境下で行うものとし、室内温度は $20\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 3\text{ }^{\circ}\text{C}$ とする。

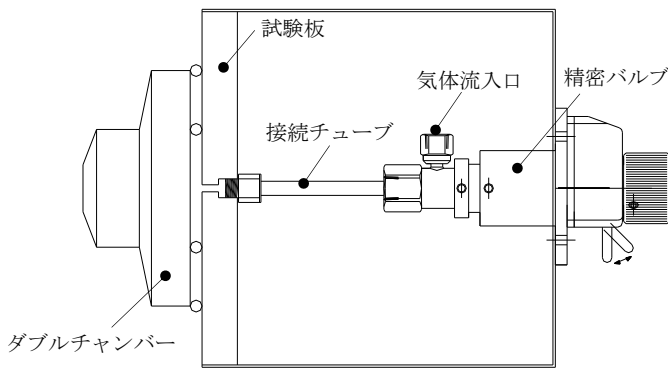
試験装置の定期点検は、使用頻度を考慮し、試験技術者が定めた期間ごとに行う。

A.3.2 試験装置の目視点検及び動作確認

試験装置の損傷、ホース、ケーブル及びコネクタの接続、並びに作動の状態を、目視及び装置の動作によって確認する。

A.3.3 試験装置の校正

a) 流量と圧力の校正は、NDIS 3436-5 に規定する校正器（図 A.1）を用いて行う。



校正器の模式図



点検状況

図 A.1－点検方法（例）

b) 校正は、校正器の精密バルブの流量を 0～0.2 未満 ml/min, 0.2～0.6 未満 ml/min, 0.6～3.0 未満 ml/min,

3.0～10.0 未満 ml/min 及び 10.0 ml/min 以上を設定し、試験装置に内蔵された圧力計によって計測される圧力と時間の関係を取得する。

c) b)を 3 回実施し、その平均値を計測値とする。

d) c)の計測値と、試験装置の等価内容積（圧力センサーからチャンバーまで、圧力変化に影響を与える全ての容積）を用いて、式(A1)によって単位時間当たりの流入量 Q を求める。また、試験時の到達圧力によって校正器の流量が異なるため、式(A2)によって修正流量を求める。

なお、試験装置によって等価内容積が異なるため、JIS Z 2332 を参考とした式(A3)によって等価内容積を求めるとよい。

$$Q = \frac{\Delta P}{T} \times V_e \quad \text{.....} \quad (\text{A1})$$

ここに、 Q : 単位時間当たりの流入量 ($\text{mm}^3 \text{ kPa/sec}$)

ΔP : 差圧 (kPa)

T : 差圧を測定した時間 (sec)

V_e : 等価内容積 (mm^3)

$$F_c = F \times \left(\frac{P_0}{100} \right) \quad \text{.....} \quad (\text{A2})$$

ここに、 F_c : 修正流量 (ml/min)

P_0 : 試験開始時相対圧力の絶対値 (kPa)

F : 印加 100 kPa 時の流量 (ml/min)

$$V_e = \frac{F_c \times (1.013 \times 10^5)}{\Delta P} \times \left(\frac{T}{60} \right) \quad \text{.....} \quad (\text{A3})$$

ここに、 V_e : 等価内容積 (mm^3)

F_c : 修正流量 (ml/min)

ΔP : 差圧 (kPa)

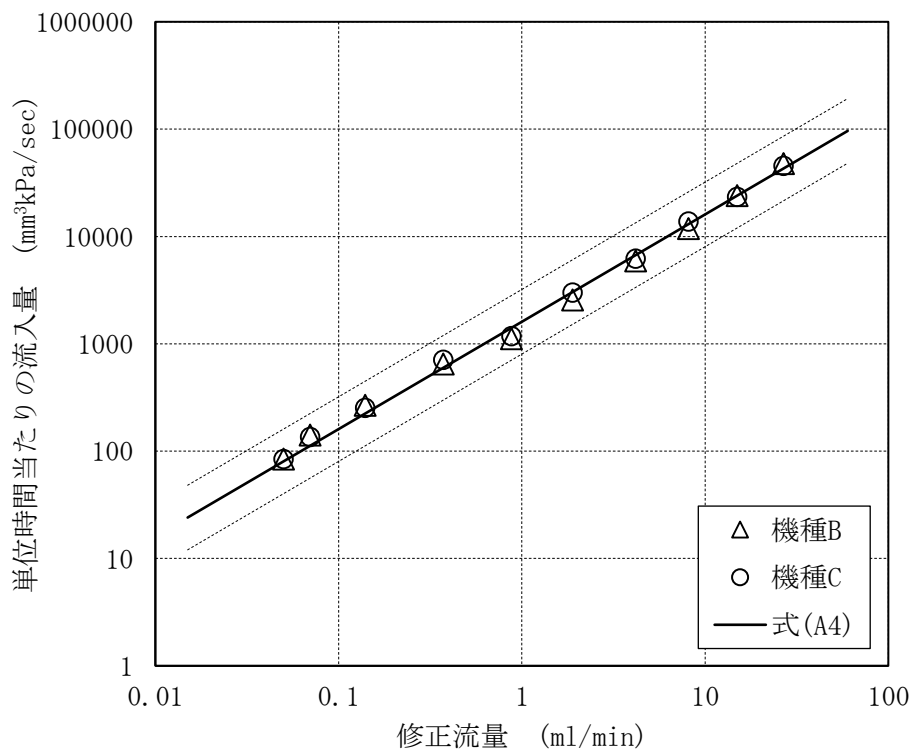
T : 差圧を測定した時間 (sec)

e) 試験装置は、単位時間当たりの流入量 Q と修正流量 F_c の関係に直線性があり、式(A1)と式(A3)の関係から式(A4)を求め、式(A4)によって求めた値の 0.5～2 倍以内に収まっていること。

$$Q = F_c \times (1.013 \times 10^5) \times \left(\frac{1}{60} \right) \quad \text{.....} \quad (\text{A4})$$

ここに、 Q : 単位時間当たりの流入量 ($\text{mm}^3 \text{ kPa/sec}$)

F_c : 修正流量 (ml/min)



※図中の点線は、式(A4)の0.5倍及び2.0倍の線である。

図 A.2-1 試験装置の流量特性の例

A.3.4 試験装置に内蔵された圧力計の確認

試験装置に内蔵されている圧力計は、真空ポンプの最高到達圧力を超えない範囲の圧力において、製造者が定める圧力、又は絶対圧 3.0 kPa, 5.0 kPa, 10.0 kPa, 50.0 kPa 及び大気圧において、圧力計の性能が適切であることを確認する。確認の方法は、JCSS 校正事業者などで校正された計量トレーサビリティのとれた圧力計とレギュレーターを繋げたものを内蔵されている圧力計に接続し、その誤差が 0.5 kPa 以内であることを確かめる。

附属書 B

(参考)

表層透気試験方法—ダブルチャンバー法の例

B.1 試験装置の仕様の変遷

国内で市販されている同一機種のダブルチャンバー法試験装置の仕様の変遷を表 B.1 に示す。同表のとおり、試験装置の改良が進められたことで、市販の時期によってチャンバー容積、設定圧力などが異なっている。そのため、同表に示された使用する試験装置ごとに定められたチャンバーの断面積や容積などの所定の数値を、本体の箇条 8 の式(1)に代入し、透気係数を算出する。

表 B.1—ダブルチャンバー法試験装置の仕様の変遷

機種	A	B	C
構成写真			
外部チャンバー内径	直径 100 mm	直径 100 mm	直径 100 mm
内部チャンバー内径 及び断面積 A	直径 50 mm 1 963 mm ²	直径 50 mm 1 963 mm ²	直径 50 mm 1 963 mm ²
内部チャンバー容積 V_C	221 000 mm ³	165 000 mm ³	173 700 mm ³
チャンバーパッキン	スポンジゴム O-リング	スポンジゴム O-リング	弾性ゴム O-リング
真空ポンプ	油回転真空ポンプ	油回転真空ポンプ	空冷真空ポンプ
減圧時間	30 秒	30 秒	30 秒
測定間隔	15 秒	15 秒	15 秒
試験開始 30 秒後の 目標圧力	10 mbar (1.0 kPa)	30 mbar (3.0 kPa)	30 mbar (3.0 kPa)
測定開始時 t_0	減圧開始後 60 秒	減圧開始後 60 秒	減圧開始後 60 秒
測定時間 t_f	最大 720 秒 又は、2 kPa に達する時間	最大 720 秒/360 秒 又は、2 kPa に達する時間	最大 720 秒/360 秒 又は、2 kPa に達する時間
空隙率 ϵ	0.15	0.15	0.15
製品年代	発売～1995 年	1996 年～2015 年	2016 年～

223
224
225
226
227
228
229
230
231
232
233
234

B.2 ダブルチャンバー法の試験条件と準備

B.2.1 試験条件

a) 試験箇所は、通常において水掛かりがない部位、部材を選定する。屋外などで水掛かりがある箇所を選定する必要がある場合、含水の影響によって見かけ上の透気係数が小さくなることがある。そのため、試験箇所では、試験日を含めて 3 日以内に降雨などによって水掛かりがある場合は試験を避けることが望ましい。また、霧、霜、結露などの発生が見込まれる場合も同様である。さらに、試験が可能な環境温度は 5℃～40℃の範囲としている。コンクリート表面の凍結が予見される場合は、赤外線温度計などを用いて表面温度を計測し、その兆候が認められるのであれば試験は避けるのがよい。

なお、コンクリートの凍結による性能を確認するなどを目的とする場合は、この限りではない。

b) 試験箇所において、試験に先立ちコンクリート表層の含水状態を把握する必要がある場合、静電容量法、電気抵抗法などによる接触式の表面含水率計などを用いて測定し、含水状態（率）を記録しておくことが望ましい。特に、新設構造物では含水率が 5.5%以下を目安として試験を実施することが望ましい。

B.2.2 試験準備及び日常点検

a) 透気係数の算出に用いる **箇条 8** の式(1)においては、その係数として空気の粘性抵抗が含まれるため、試験に先立ち、環境温度の測定を行う。

b) 試験装置の暖気運転は、使用前の準備作業の 1 つとなる。暖気運転は、真空ポンプ及び真空計の作動状況を確認するために実施する。はじめに真空ポンプを暖気し、次いでダブルチャンバーに取付けられている真空計の指示値が安定するまで 20 分程度、試験装置を作動させる。低温環境下では、真空ポンプの性能低下を避けるため、常に毛布などで養生することが望ましい。

c) 日常点検は、試験装置の暖気運転を実施した後に行う。点検では、所定の対比試験片にダブルチャンバーを押し当てて 30 秒間減圧し、その後、減圧開始から 60 秒経過した時点から 660 秒に達するまでの圧力変化量を記録する。この時、660 秒時の圧力変化が 0.5 kPa (5.0 mbar) 以下、かつ、連続した 2 回の測定における 660 秒時の圧力変化量の差が 0.03 kPa (0.3 mbar) 以下であることを記録する。

なお、日常点検で記録した圧力変化記録は、透気係数の算出の際に反映し使用する。

B.3 ダブルチャンバー法の試験例

試験装置 B を用いたダブルチャンバー法による試験例を、次に示す。

B.3.1 試験条件

試験対象は、**写真 B.1** に示す鉄筋コンクリート製壁高欄である。試験環境は 10℃であり、気象庁の観測記録並びに現地スタッフのヒアリングによって、試験前 3 日以上 of 降雨がないことを確認した。試験時の測定環境が 10℃と低温であったため、試験装置及び真空ポンプの性能低下を防ぐために試験装置には毛布を、また真空ポンプは容器に入れて保温した。また、コンクリートの含水率を電気抵抗式含水率計によって計測した。測定位置の高さは壁高欄の高さ中央とし、横方向は 1 スパン全長の等分として 3 点計測することを協議のうえ決定した。



写真 B.1ー測定状況

B.3.2 試験準備

- a) 測定箇所周辺は 30×30 cm 程度の清掃を行い、試験結果に及ぼすひび割れがないことを確認した。
- b) 写真 B.1 に示すとおり、真空ポンプと測定機（圧力計内蔵）を接続ホースによって接続した。
- c) 真空ポンプの能力を安定させるため、真空ポンプの暖気運転を行い、内部チャンバー・外部チャンバーの圧力計指示値が 0.0 mbar に達したことを確認し、暖気運転を終了した。

B.3.3 日常点検

Δ T660 秒時の圧力変化量が 1 回目 8.0 mbar (0.8 kPa) であり、試験装置メーカーが定める漏れ量 (5.0 mbar (0.5 kPa)) を満足しなかったため、再度計測した。その後、2 回目 1.9 mbar (0.19 kPa)、3 回目 1.8 mbar (0.18 kPa) となり、連続した 2 回の差が 0.3 mbar (0.03 kPa)、かつ漏れ量が 0.5 mbar (0.05 kPa) 以下であったため、正常に試験できる状態に達したと判断した。

B.3.4 試験

試験は、本体の箇条 8 のとおり、次のように操作した。

- a) 試験開始ごとに圧力計を用いて試験箇所における大気圧を測定した。
- b) 環境温度を測定し記録した。
- c) 真空ポンプを稼働状態にし、ダブルチャンバーを試験箇所に押当て、試験を開始した。
- d) 真空ポンプによってダブルチャンバー内を 30 秒間減圧し、試験開始後 60 秒時からの圧力変化を計測した。
- e) 圧力変化開始後、内部チャンバー及び外部チャンバーの圧力変化量を 15 秒間隔で計測した。試験終了は、試験開始後 360 秒、又は内部チャンバーの圧力変化量が 2.0 kPa に達する時間とした。

各測定箇所における試験結果の例を表 B.2 に、報告の例を表 B.3 に示す。

なお、透気試験結果は、各試験箇所での含水率が 5.5 % 以下だったので、含水率による影響は考慮していない。

表 B.2ーダブルチャンバー法による透気試験結果の例

試験箇所	1	2	3
V_c (m ³)	0.000165	0.000165	0.000165
A (m ²)	0.001964	0.001964	0.001964
μ (Pa・s)	0.00002	0.00002	0.00002
t_0 (s)	60	60	60
E	0.15	0.15	0.15
P_a (Pa)	101 300	101 400	101 000
ΔP (Pa)	1.0	0.8	1.5
t_f (s)	360	360	360
$K_T (\times 10^{-16} m^2)$	0.14	0.096	0.33

表 B.3ー報告の例

名 称	〇〇〇内 〇〇地区橋梁		
試 験 対 象	鉄筋コンクリート製壁高欄		
コンクリート種別	呼び名：〇-〇-〇N ， 設計基準強度： 〇〇 N/mm ² ， 仕上：〇〇		
測 定 日	〇〇年〇〇月〇〇日（材齢〇〇日）		
測 定 環 境	外気温：10℃， 天候：曇り， 補足：3 日以上 降雨なし		
測 定 者	〇〇〇〇 （コンクリート診断士：登録番号 00000000）		
日 常 点 検 記 録	1 回目／1.9 mbar (0.19kPa)， 2 回目／1.8 mbar (0.18kPa)， 判定：正常		
試 験 結 果			
水 掛 かり の 有 無	有		
ひ び 割 れ	目視によるひび割れ 無		
含 水 率 （ % ）	5.2	4.9	5.0
透 気 係 数 K _T (×10 ⁻¹⁶ m ²)	0.14	0.096	0.33
平 均 値 ※ K _T (×10 ⁻¹⁶ m ²)	0.16		

※平均値は相乗平均によって求めた。

NDIS 3436-2 : 202X

コンクリートの非破壊試験－表層透気試験方法

第 2 部 : ダブルチャンバー法

解 説

この解説は、本体に規定した事柄、及びこれに関連した事柄を説明するもので、規格の一部ではない。

この解説は、一般社団法人日本非破壊検査協会が編集・発行するものであり、この解説に関する問合せは、一般社団法人日本非破壊検査協会へお願いします。

1 制定の趣旨及び経緯

コンクリート構造物の耐久性の観点からかぶりコンクリートの品質の重要性が示され、実構造物における表層品質を透気試験によって検査する方法が国内外で試行されていることを背景として、表層透気試験の実用化の機運が高まっている。

この規格の対象であるダブルチャンバー法は、R.Torrent によって 1992 年に Torrent 法¹⁾ (以下、DC 法と記す) として提案されており、試験装置は市販化されている。この試験における“透気係数”(DC 法が示す値は固有透過係数であるが、ここでは便宜上、透気係数として取り扱うものとする。) は、定圧方法によるコンクリートの透気試験として代表的な RILEM CEMBUREAU 法²⁾ (RILEM [建設材料・構造に関わる国際研究機関・専門家連合] TC 116-PCD において 1999 年に提案された試験方法) により求まるコンクリートの透気係数と相関がみられ、さらに、コンクリートの中性化深さと良好な相関がみられることが報告されている^{例えば 3)}。

このように、コンクリート構造物の表層品質を評価するための試験方法として期待されている表層透気試験の標準化を進めるため、DC 法についての規格を制定することとした。

DC 法をはじめ、主に国内で検討が進められてきた各種の表層透気試験方法について、実用に資する規格を制定するための基礎的データの収集を目的として、(一社) 日本非破壊検査協会において表層透気性試験方法研究委員会を組織し、各種の試験方法に関して共通試験などを実施して検討を重ねた。その成果を踏まえ、2016 年 2 月～2018 年 3 月までの期間において、標準化委員会 RC 専門別委員会の下に NDIS 原案作成準備 WG を設置し、規格原案の基礎資料となる検討を行った。その後、2018 年 9 月から“コンクリートの表層透気試験方法”原案作成委員会を設置して規格原案に関する審議を重ねることによって、この規格を制定するに至った。

2 審議中に特に問題となった事項

2.1 試験時の環境温度範囲

試験は、原則として環境温度が 5℃～40℃の範囲内で行うこととした。試験箇所における環境温度が 5℃未満となる場合、コンクリートの表面温度も同程度となり凍結することもある。低温環境下での透気試験は、試験結果に影響を与えることが予想されることから、試験時の環境温度について審議された。試験にあたっては“環境温度が 5℃以上”あり、“コンクリートは凍結していないこと”を確認すること

とした。

2.2 試験装置の点検

DC 法試験装置は、輸入販売されているものがある。この規格の制定に先立ち実施した共通試験において、使用する試験装置に器差⁴⁾がある場合には、同一コンクリートにおける試験結果が乖離する可能性が高いと考えられた。そのため、試験装置の点検は重要であるとの結論に達した。この規格での試験装置の点検は、試験装置の機能及び性能を確認する“定期点検”，試験装置の漏れ量を日常的に確認する“日常点検”をそれぞれ定められた時期に行うこととした。

3 特許権等に関する情報

この規格に関連する特許権等の情報を、次に示す。

特許権等の権利者は、非差別的かつ合理的な条件でいかなる者に対してもこの特許権等の実施の許諾等をする意思のあることを「福岡県開放特許 2014-039」で表明している。ただし、この規格に関連する他の特許権等の権利者に対しては、同様の条件でその実施が許諾されることを条件としている。

この規格に従うことが、必ずしも、特許権の無償公開を意味するものではないことに注意する必要がある。特に、試験実施者が DC 法試験装置を作製する場合には、特許権利者との協議が必要となる。

ただし、“Permea-TORR” (Materials Advanced Services Ltd.) を用いて試験する場合には、この特許権等には抵触しない。

権利者	特許番号／公開番号	発明の名称	出願日
学校法人 中村産業学園	4009118／2003-262578	構造物のコンクリートの圧縮強度推定方法	平成 14. 3. 8
富士テック 株式会社			

4 適用範囲 (箇条 1)

この規格は、ダブルチャンバーをコンクリート表面に取り付け、減圧後からの圧力変化と時間の関係からコンクリート表層の透気係数を求める試験方法について規定した。試験は、コンクリート試験体又は実構造物の部位・部材を対象として行う。

5 規定項目の内容

5.1 圧力計 (5.1 a))

試験装置に組み込まれている圧力計は、0 kPa から大気圧程度を計測可能な圧力センサーとした。圧力センサーは計測トレーサビリティのとれた圧力計と比較校正を行ったものがよいとした。

5.2 定期点検 (箇条 6)

定期点検は、実施時期、実施者及びその方法を定めた。実施期間は、試験装置の使用頻度を考慮し、試験技術者が定めた期間ごとに行うこととしている。ただし、この期間は試験技術者の責任において過去に遡って試験装置の測定精度が担保できる期間とすることが望ましく、あまり長くならないようにするのがよい。点検は、試験装置の外観及び NDIS 3436-5 による校正器などによってその機能・性能を確認する。校正器を用いて行う点検は、同器の流量調整器における所定の流量値と測定による単位時間当たりの流入量との関係を求め、両者の関係が線形であることを確かめる方法とした。

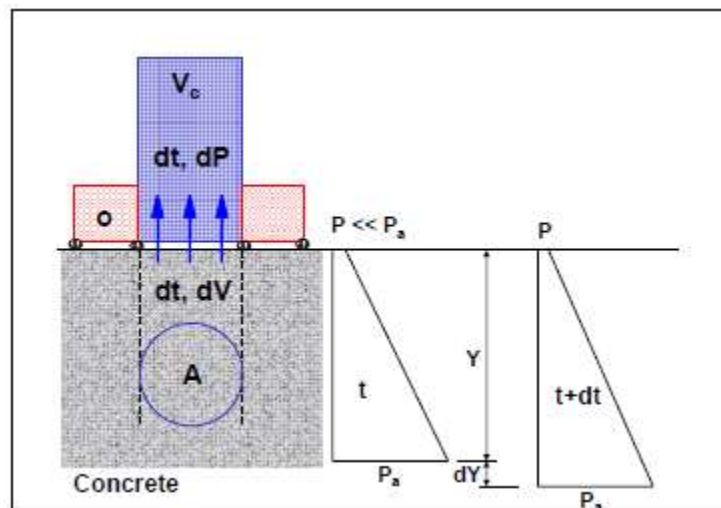
なお、定期点検方法の一例を**附属書 A**に示した。

5.3 試験箇所 (7.2 b)

コンクリートの透気性は、含水状態によって大きく左右され、透気性が大きいコンクリートであっても含水率を高めれば、透気性が小さいと判断されてしまう恐れがある。コンクリート構造物を試験対象とする場合には、雨水などの水掛かりのない箇所ではコンクリートの含水状態も安定しており、測定される透気係数は補正を必要とするほどのものではないと考えられる。このことから、試験箇所は原則として、通常において水掛かりのない部位や部材とした。しかしながら、コンクリートの含水状態が変化する屋外などの部材を対象とする場合には、雨天が数日間続いた後の測定を避けることが望ましい。なお、含水状態の詳細を把握することが必要となる場合には、日本床施工技術研究協議会の“コンクリート床下地表層部の諸品質の測定方法、グレード”⁵⁾やスイス連邦道路局の“コンクリートの品質管理に関する指針”⁶⁾などに示されているコンクリート表面に電極を接触させて測定する静電容量法、電気抵抗法などによる含水率測定計を用いて測定し、含水状態(率)について記録する。

5.4 計算式 (箇条 8)

ダブルチャンバー法における透気係数は、**解説図 1**のような圧力分布を仮定し導かれたものである。詳細な式の導出については、文献 1)及び 7)を参照されたい。



解説図 1ー透過モデルの概念図

$$K_T = \left(\frac{V_c}{A}\right)^2 \cdot \frac{\mu}{2\varepsilon P_a} \cdot \left[\frac{\ln \left(\frac{P_a + \Delta P_i}{P_a - \Delta P_i} \right)}{\sqrt{t_f} - \sqrt{t_0}} \right]^2 \quad \dots\dots\dots (解. 1)$$

ここに、

K_T	: 透気係数	($\times 10^{-16} \text{ m}^2$)
V_c	: 内部チャンバーの体積	(m^3)
A	: 内部チャンバーの断面積	(m^2)
μ	: 空気の粘性	($\text{Pa} \cdot \text{s}$)
ε	: 空隙率	
P_a	: 大気圧	(Pa)
ΔP	: $t_0 \sim t_f$ 間の圧力増分	(Pa)

t_f : 測定終了時間 (s)
 t_0 : 測定開始時間 (s)

透気係数は、式(解.1)の測定終了時間(t_f)までの圧力変化(ΔP_i)を計測することによって得られる。

空気の粘性(μ)は、信頼できる資料によるか、一般値として 2.0×10^{-5} を用いてもよい。また、空隙率(ε)についても信頼できる資料によるか、一般値として 0.15 を用いてもよい。

6 その他の解説事項

6.1 繰返し測定 (7.5)

同一の試験箇所において繰返し測定を行うと、コンクリート内部に残留する圧力によって見かけ上の透気係数が小さくなる。このため、コンクリート中の圧力が大気圧まで戻る時間を設け、繰返し測定時の試験結果に影響を及ぼさない間隔を設定しなければならない。コンクリートの圧力が大気圧まで戻る時間と繰返し測定の間隔における透気係数の変動に基づく検討により、同一箇所の繰返し測定の時間間隔は 15 分以上⁸⁾とするのがよい。

6.2 コンクリートの使用材料 (9.2)

この試験を竣工時における中性化抵抗性の評価に用いる場合、コンクリートの使用材料のうち、特にセメントの種類を確認することが望ましい。

6.3 試験箇所数

試験箇所数は、試験対象の品質のばらつき、試験装置の測定値のばらつき、及び測定精度を考慮して決める。例えば、コンクリート構造物の部材を評価することを目的とした場合、試験箇所群の平均値、標準偏差によって、母集団の分布がある信頼区間をもつことに基づき検討を行い、実用的に実施可能な試験回数の観点から考慮すれば、測定箇所数は 6 箇所⁹⁾を目安とすることが考えられる。

【参考文献】

- 1) Torrent,R.J , "A two-chamber vacuum cell for measuring the coefficient of permeability to air of the concrete cover on site", Mater. & Struct., v.25, n. 150, pp. 358-365, July.1992
- 2) RILEM TC116-PCD : Recommendations of TC 116-PCD, Tests for gas permeability of concrete. B. measurement of the gas permeability of concrete by the RILEM-CEMBUREAU method, Materials and Structures, Vol.32, pp.176-178, 1999.
- 3) 田中章夫, 今本啓一, 表層透気性による既存 RC 構造物の中性化予測に関する研究, 日本建築学会構造系論文集, vol.691, pp.1539-1545, 2013.09
- 4) 下澤和幸, 今本啓一, 山崎順二, 田中章夫, 加藤猛, 湯浅昇 : RC 造建築物に適用する透気性試験における影響要因と評価手法に関する検討 (その 1) ~ (その 5), 日本建築学会大会学術講演梗概集, A-1, 材料施工, pp.545-554, 2017.8
- 5) 日本床施工技術研究協議会 : コンクリート床下地表層部の諸品質の測定方法, グレード, (<http://www.yukakai.jp>)
- 6) Torrent,R : English Translation of "Recommendations for Quality Control of Concrete with Air-Permeability Measurements" (Swiss Federal Department of Transportation, Dec.2009), 2010.9
- 7) Torrent,R. und Frenzer,G., "Methoden zur Messung und Beurteilung der Kennwerte des Ueberdeckungsbetons

- 438 auf der Baustelle (Teil II)", Office Fédéral des Routes, Rapport No. 516, Bern, Suisse, p106, Oct.1995
- 439 8) 山崎順二, 今本啓一, 田中章夫, 加藤猛: 透気性試験における繰り返し測定及び試験機の検定に関
440 する研究, 日本コンクリート工学会年次大会論文集, Vol.39, No.1, pp.1921-1926, 2017.07
- 441 9) 永山勝, 下澤和幸, 今本啓一, 成田瞬, 山崎順二, 二村誠二: 構造体コンクリートの各種表層透
442 気法の評価ーその3 サンプルング数とデータの評価方法についてー, 日本建築学会大会学術講演
443 梗概集, A-1, 材料施工, pp.1253-1254, 2007.8