

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

1 日本非破壊検査協会規格

2 NDIS 3436-4 : 202X

3 コンクリートの非破壊試験－表層透気試験方法

4 第4部：ドリル削孔法

5 Non-destructive testing of concrete－Air permeability testing method

6 Part 4 : Drill borehole method

7
8
9 1 適用範囲10 この規格は、ドリル削孔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。ただし、適用
11 するコンクリートは、粗骨材の最大寸法が 25mm 以下のものとする。

12 2 引用規格

13 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
14 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 C 9745-2-1 手持ち形電動工具－安全性－ 第 2-1 部：ドリル及び振動ドリルの個別要求事項

NDIS 3429 電磁波レーダ法によるコンクリート構造物中の鉄筋探査方法

NDIS 3420 電磁誘導法によるコンクリート構造物中の鉄筋探査方法

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

15
16 3 用語及び定義

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

18 3.1

19 ドリル削孔

20 透気試験用に電動式振動ドリルによってコンクリート表面にあけた孔。

21 3.2

22 削孔法透気速度 (K_d)23 透気性の指標で、削孔内部を所定の真空度まで減圧した後、孔の周壁からの空気の流入によって復圧
24 していく過程での速度。

25 4 試験技術者

26 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
27 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。

28 5 試験用具

29 5.1 ドリル削孔法試験装置

30 ドリル削孔法に用いる試験装置（ドリル削孔法試験装置）の構成例は、**図 1**のとおりである。装置を
31 構成している各機器の性能は、次のとおりとする。

32 a) 圧力計測器

33 試験における所定の真空度（圧力）の範囲を計測可能な機器又は装置。例えば、マンメータ、差圧計、
34 圧力センサ、0.10 kPa まで計れる真空計。

35 b) ホース

36 試験において減圧しても管がつぶれず、かつフレキシブルなもの。

37 c) 注射針

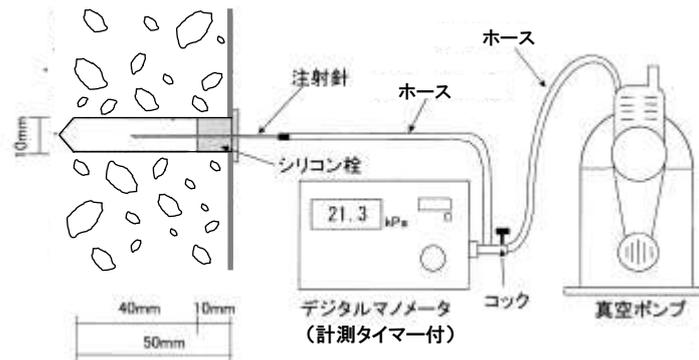
38 密閉した孔を所定の真空度（圧力）まで減圧させることができる注射針。

39 d) 真空ポンプ

40 試験における所定の真空度まで減圧できる能力をもつもの。

41 e) 栓

42 孔径に合う栓。材質は、樹脂製のもの。



53 **図 1—試験装置の構成（例）**

54 5.2 電気ドリル

56 電動式振動ドリルとし、**JIS C 9745-2-1** に規定するもの。

57 5.3 ドリルビット

58 コンクリート削孔専用のもの。ビット刃数が複数枚のものを用いる。

59 **注記** ドリルビットの直径は、**附属書 B** の表 **B.1** を参照するとよい。

60 5.4 温度計

61 **7.2 a)** の温度範囲が測定できる目量が 1°C 以下のもの。

62 5.5 校正器

63 校正器は、**NDIS 3436-5** に規定されたもの。

64

65 **6 試験装置の定期点検**

66 定期点検の時期、実施者及び点検方法は、次による。

- 67 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。
- 68 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。
- 69 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
- 70 量ごとに、試験装置によって削孔法透気速度を測定し、両者の関係が線形であることを確認する。
- 71 **注記 附属書 A** の方法によってもよい。

72 **7 試験方法**73 **7.1 試験計画**

74 試験目的に応じ、試験箇所、試験箇所数などを選定する。

75 **7.2 試験条件**

- 76 a) 試験は、原則として環境温度が 5 °C~40 °C の範囲内で行う。また、コンクリートは凍結していな
- 77 いこと。
- 78 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、表面が濡れてい
- 79 ない箇所とする。

80 **7.3 試験準備**

- 81 a) ドリルビットに、使用する試験装置によって定められた削孔深さの目安を予め記す。

82 **注記** ドリル削孔の深さは、**附属書 B** の表 B.1 を参照するとよい。

- 83 b) 電気ドリルを用いて、試験面に対して垂直に所定の深さまで削孔する。鉄筋コンクリートの場合、削孔によって内部鉄筋と接触しないように、
- NDIS 3429**
- 又は
- NDIS 3430**
- の方法によって予め鉄筋位置を確認しておく。

86 **注記** 削孔深さは、ノギスなどによって確認しておくとい。

- 87 c) ドリル削孔内に残っている削孔粉をブラシ、エアースプレーなどによって取り除く。

- 88 d) ドリル削孔には栓を樹脂系接着剤、ねじ状の器具などによって固定し、密封状態にする。

89 **注記** 栓の固定は、**附属書 B** の表 B.1 を参照するとよい。

- 90 e) 試験装置は
- 図 1**
- のように、注射針、圧力計測器及び真空ポンプをホースによって接続する。

91 **7.4 日常点検**

92 日常点検の時期、実施者及び点検方法は、次による。

- 93 a) **時期** 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。
- 94 b) **実施者** 点検は、試験技術者が行う。
- 95 c) **点検方法** 点検は、**図 1** に示した試験装置において、注射針に繋ぐホースの先端を密閉した状態
- 96 で真空ポンプによって装置内の空気を抜き取り、所定時間の漏れによる単位時間あたりの圧力変
- 97 化量が 0.01 kPa/s 以内であることを確認する。

98 **7.5 試験手順**

- 99 a) 栓に注射針を挿入する。

100 **注記** 注射針には栓の素材が詰まらないように注意する。注射針に針径よりも細い針金などを
101 予め挿入しておき、注射針を栓に取り付けた後に挿入していた針金を抜く方法がある。

- 102 b) 圧力計測器のコックを開いた状態で、真空ポンプによって削孔内の空気を抜き取っていき、測定を
-
- 103 開始する真空度
- X_1
- (下限) を数 kPa 下回るまで減圧してコックを閉じる。

- 104 c) 真空度が X_1 (下限) から X_2 (上限) までに要する時間 T (以下, 所要時間 T) を, 計測タイマー又はス
105 トップウォッチによって秒単位で測定する。

106 **注記** X_1 と X_2 との真空度の範囲は, 附属書 B の表 B.1 を参照するとよい。

107 8 削孔法透気速度の計算

108 削孔法透気速度は, 次式によって少数点以下 2 桁まで算出する。

$$109 \quad K_d = \frac{X_2 - X_1}{T}$$

110

ここに, K_d : 削孔法透気速度 (kPa/s)

X_1 : 時間測定開始時の真空度 (kPa)

X_2 : 時間測定終了時の真空度 (kPa)

T : 真空度が X_1 (下限) から X_2 (上限) までに要する時間 (s)

111 9 報告

112 9.1 必ず報告する項目

113 必ず報告する項目は, 次による。

- 114 a) 構造物の名称, 所在地
- 115 b) 構造物の概要 (竣工年, 規模, 用途, 履歴など)
- 116 c) 試験日時, 天候, 環境温度 (°C)
- 117 d) 試験技術者名, 資格など
- 118 e) 使用装置 (真空度の範囲, 日常点検結果など)
- 119 f) ドリル削孔径, 深さ
- 120 g) 試験箇所, 試験箇所数
- 121 h) 試験結果 (削孔法透気速度)
- 122 i) 試験箇所の状態 (水掛かりの有無, 降雨の記録など)
- 123 j) 試験箇所周囲でのひび割れの有無

124 9.2 必要に応じて報告する事項

125 必要に応じて報告する事項は, 次による。

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

130

附属書 A

(参考)

ドリル削孔法試験装置の定期点検方法

131
132
133
134
135
136
137

A.1 一般

この附属書は、ドリル削孔法試験装置の定期点検方法について記載する。

138
139
140

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 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 第5部：校正器

141
142

A.3 定期点検

143

A.3.1 点検方法の概要

144
145
146

定期点検では、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、削孔法透気速度の精度及び試験装置に搭載された圧力計や圧力センサなどの性能を確認する。

147
148

定期点検は、粉塵の少ない室内環境下で行うものとし、室内の環境温度は $20\text{°C}\pm 3\text{°C}$ 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。

149

A.3.2 試験装置の目視点検及び動作確認

150
151

試験装置の損傷、注射針、ホース、圧力計測器及び真空ポンプの接続、並びに作動状態を、目視及び装置の動作によって確認する。

152

A.3.3 試験装置の校正

153
154
155
156
157

- a) 試験装置の校正は、**図 A.1** のように校正器のドリル削孔部に試験装置を取付けて行う。
- b) 所定の測定ができるよう準備したのち、校正器に搭載された流量調整器の流量を $0.1\sim 0.8$ 未満 ml/min, $0.8\sim 2.0$ 未満 ml/min, $2.0\sim 8.0$ 未満 ml/min 及び 8.0 ml/min 以上に設定し、流量ごとに規格本体の **7.5 b)** から **c)** による測定を行う。
- c) **b)** の測定を 3 回行い、その平均値を計測値とする。

158

159

160

161

162

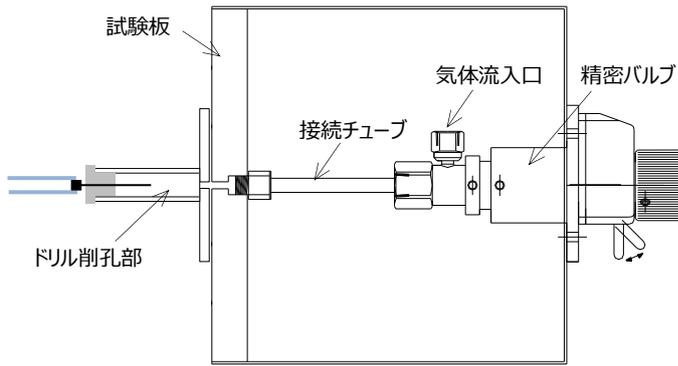
163

164

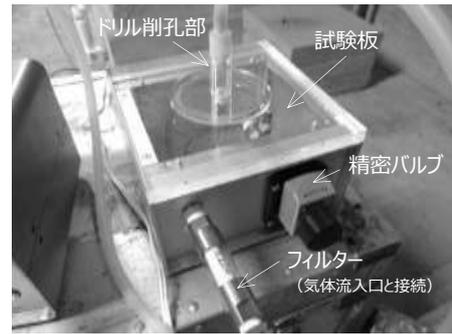
165

166

167



校正器の模式図



点検状況

168

169

170

図 A.1—点検方法(例)

171

d) c)の計測値と試験装置の等価内容積（圧力計測器からドリル削孔まで、圧力変化に影響を与える全ての容積）を用いて、式(A1)に示す単位時間あたりの流入量 Q を求める。また、測定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。

172

173

174

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。

175

176

$$Q = \frac{\Delta P}{T} \times V_e \dots\dots\dots (A1)$$

177

ここに、 Q : 単位時間あたりの流入量 (mm³kPa/s)
 ΔP : 差圧 (kPa)
 T : 差圧を測定した時間 (s)
 V_e : 等価内容積 (mm³)

178

179

$$F_c = F \times \left(\frac{F_0}{100} \right) \dots\dots\dots (A2)$$

180

ここに、 F_c : 修正流量 (ml/min)
 F : 測定時の圧力 (kPa)
 F_0 : 印加 100 kPa 時の流量 (ml/min)

181

182

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

183

ここに、 V_e : 等価内容積 (mm³)
 F_c : 修正流量 (ml/min)
 ΔP : 差圧 (kPa)

T : 差圧を測定した時間 (s)

184

185 e) 試験装置は、単位時間あたりの流入量 Q と修正流量 F_c の関係に直線性があり、式(A1)と式(A3)
 186 の関係から式(A4)を求め、その値の 0.5~2.0 倍以内に収まっていること。

187
$$Q = F_c \times (1.013 \times 10^5) \cdot \left(\frac{1}{60}\right) \dots\dots\dots (A4)$$

188

ここに、 Q : 単位時間あたりの流入量 (mm³kPa/s)
 F_c : 修正流量 (ml/min)

189

190

191

192

193

194

195

196

197

198

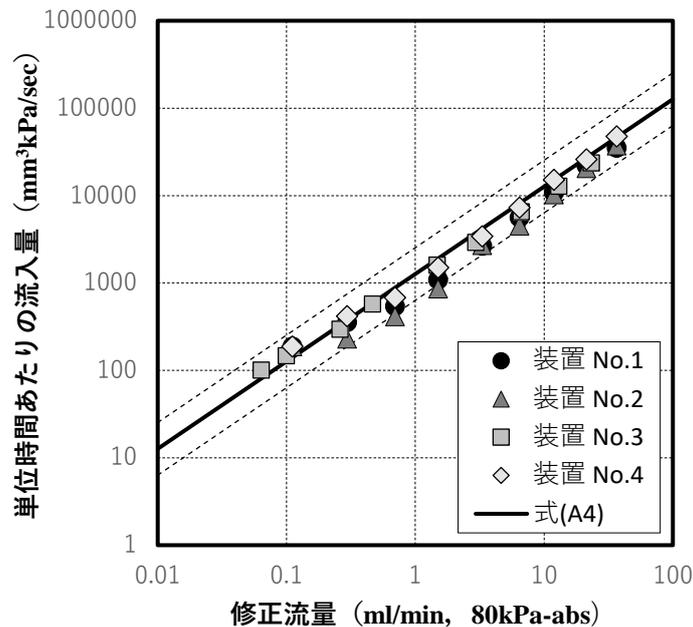
199

200

201

202

203



※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—試験装置の流量特性(例)

206 **A.3.4 試験装置に搭載された圧力計などの性能確認**

207 試験装置に搭載された圧力計、圧力センサなどは、絶対圧力 5.0 kPa, 10.0 kPa, 20.0 kPa, 30.0 kPa,
 208 50.0 kPa 及び大気圧において、機器の性能が適正であることを確認する。確認には、JCSS 校正事業者な
 209 どで校正された計量トレーサビリティのとれた圧力計を基準とする。試験装置に搭載された圧力計、圧
 210 力センサなどは、基準とする圧力計との誤差が 0.5 kPa 以内であること。

211

附属書 B

(参考)

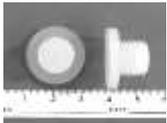
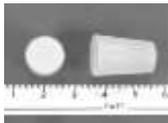
表層透気試験方法—ドリル削孔法の例

B.1 試験装置

この試験に用いる試験装置は、国内では輸入販売されているものが1機種あるほかは、使用者が自ら機器の構成を行い、製作したものとなる。そのため、この規格では基本的な装置構成を示している。

表 B.1 には、国内で公表されている試験装置及び輸入販売されている試験装置の仕様を示した。

表 B.1—ドリル削孔法試験装置の例

機種	装置 (A) ¹⁾	装置 (B) ²⁾	装置 (C) ³⁾
ドリル削孔	直径 10 mm, 深さ 50 mm	直径 10 mm, 深さ 50 mm	直径 10 mm, 深さ 40±3 mm
ドリルビット	コンクリート削孔用, 直径 10mm	コンクリート削孔用, 直径 10mm	コンクリート削孔用, 直径 10mm
圧力計測器	 マノメータと計測タイマーが内蔵	 マノメータと計測タイマーが内蔵	 圧力センサと計測タイマーが内蔵
ホース*	内径 5 mm, 長さ 1000 mm	内径 4 mm, 長さ 1600 mm	内径 1.6 mm, 長さ 550 mm
真空ポンプ	油回転真空ポンプ 排気速度: 6 L/min 到達圧力: 6.65 kPa	油回転真空ポンプ 排気速度: 24 L/min 到達圧力: 5.33 kPa	手動式真空ポンプ
注射針	外径 0.75 mm, 内径 0.50 mm 長さ 32 mm	外径 0.75 mm, 内径 0.50 mm 長さ 32 mm	16G×11/2inch 注射針 外径 1.65 mm, 内径 1.19 mm 長さ 38 mm
栓	 直径 11 mm, 長さ 10 mm (シリコン樹脂製)	 直径 13~10 mm, 長さ 18 mm (シリコン樹脂製: 市販品)	 直径 10 mm, 長さ 20 mm (シリコン樹脂製)
栓の固定	速硬化型エポキシ樹脂接着剤によって固定	速硬化型エポキシ樹脂接着剤によって固定	栓にワセリン又はグリスを塗って挿入し、プラスチックねじインサートによって固定
測定における真空度の範囲	真空度: $X_1=21.0$ kPa~ $X_2=25.0$ kPa ※所要時間が 10 秒以下の場合, 13.0 kPa~33.0 kPa とする。	真空度: $X_1=21.3$ kPa~ $X_2=25.3$ kPa ※所要時間が 10 秒以下の場合, 13.3 kPa~33.3 kPa とする。	ゲージ圧力: $X_2=-50$ kPa~ $X_1=-55$ kPa
測定回数	同一試験孔あたり 4 回 ※1 回目を除き, 2 回目以降の 3 回の平均値を T とする	同一試験孔あたり 4 回 ※1 回目を除き, 2 回目以降の 3 回の平均値を T とする	同一試験孔あたり 1 回 計 3 測点を行い, その平均値 (または 6 測点が望ましい)
使用電源	AC100V	AC100V	乾電池 (DC9V)
備考	研究者製作	研究者製作	輸入販売品 所要時間 T によって評価を行う

*: ホース長さは、注射針から圧力計測器までの長さを示す。

212
213
214
215
216
217
218
219
220
221
222

223

224 B.2 ドリル削孔法の試験例

225 ドリル削孔法による試験の例を、次に示す。

226 B.2.1 試験条件

227 試験対象は学校建物である。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る。コンク
 228 リート打放し仕上げの外壁面を対象としたことから、試験実施の3日以上前に降雨はないことを確認し
 229 たうえで、試験実施時の含水状態を静電容量式含水率計によって確認する。また、試験箇所は対象部材
 230 の高さ方向の中央あたりとし、ひび割れなどの損傷がないことを確認する。所在地の外気温は28℃であ
 231 った。



232
233
234
235
236
237
238
239
240
241
242 写真 B.1—試験状況の例

244 B.2.2 試験準備

- 245 a) 穿孔に用いる直径 10 mm のドリルビットには、削孔深さ 50 mm 位置にテープで印を付ける。
- 246 b) NDIS 3429 に従い、電磁波レーダ法による鉄筋探査装置によって、試験体内部の鉄筋位置を探査し
 247 た後、試験箇所を選択し、上記のドリルビットを装着した電気ドリルによって深さ 50 mm まで削孔
 248 する。削孔後は、ノギスのデプス部によって削孔深さを確認する。
- 249 c) ドリル削孔内に残っている削孔粉をエアースプレーによって取り除く。
- 250 d) ドリル削孔は、シリコン栓をエポキシ樹脂接着剤によって固定し、密閉する。
- 251 e) デジタルマノメータ、注射針及び真空ポンプをホースによって接続する。

252 B.2.3 日常点検

253 試験開始前に、試験装置の注射針に繋ぐホースの先端を密閉した後、真空ポンプによって試験装置内
 254 の空気を抜き取り、300 秒後の単位時間あたりの圧力変化量が 0.01 kPa/s 以下であることを確認する。

255 B.2.4 試験

- 256 a) 注射針に予め針径より細い針金を挿入し、注射針をシリコン栓に取り付けた後に挿入していた針金
 257 を抜き取り、注射針にシリコンが詰まっていないことを確認する。
- 258 b) デジタルマノメータに取付いたコックを開いた状態で、真空ポンプによって削孔内の空気を抜き取
 259 っていく、測定を開始する真空度 X_1 (21.0 kPa) を約 1 kPa 下回るまで減圧してコックを閉じる。
- 260 c) 真空度が X_1 (21.0 kPa) から X_2 (25.0 kPa) までの所要時間 T を、計測タイマーによって秒単位で少数
 261 点第 1 位まで測定する。
- 262 d) 測定は、同一試験孔において 4 回繰り返す。

263 なお、同一試験箇所での試験点数は 2 点とする。

264 B.2.5 試験結果及び報告

265 試験結果の例を表 B.2 に、報告の例を表 B.3 に示す。

266 表 B.2—ドリル削孔法による透気試験結果の例

試験箇所	真空度の範囲 (kPa)	所要時間 T (s)				削孔法透気速度 (kPa/s)
		1 回目	2 回目	3 回目	4 回目	
No.1-1	4	31.9	38.2	39.9	40.8	0.10
No.1-2		15.0	18.5	19.3	18.7	0.21
No.2-1		21.4	26.1	27.5	27.8	0.15
No.2-2		10.3	11.8	11.6	11.6	0.34
No.3-1		12.9	13.9	14.2	14.2	0.28
No.3-2		16.6	17.6	17.7	17.7	0.23

267 注) ドリル径 10mm, 削孔深さ 50mm とした。また, 削孔法透気速度は 1 回目を除き, 2 回目以降の
268 3 回の平均値を所要時間 T とした。

269 表 B.3—報告の例

名 称	〇〇〇〇学校 校舎		
所 在 地	〇〇県〇〇市〇〇		
竣 工 年	〇〇〇〇年 竣工		
構造・規模	鉄筋コンクリート造, 地上 4 階建		
コンクリート	呼び名: 〇-〇-〇N, 設計基準強度 〇〇 N/mm ²		
試験日時	〇〇年〇〇月〇〇日 (〇曜日), 〇時~〇時		
試験環境	外気温: 28 °C, 天候: 晴れ		
試験技術者	〇〇〇〇 (コンクリート診断士: 登録番号 00000000)		
日常点検結果	0.008 kPa/s (判定: 正常)		
試験結果			
試験箇所	No.1 (外壁)	No.2 (外壁)	No.3 (外壁)
水掛かりの有無	無	無	無
ひび割れの有無	無	無	無
含水率 (%)	3.0	3.7	3.3
削孔法透気速度 K _d (kPa/s)	0.16	0.25	0.26

270

271 【参考文献】

- 272 1) 野中英, 湯浅昇, : ドリル削孔を用いた構造体コンクリートの簡易透気試験方法の提案, 日本建築学
273 会構造系論文集, Vol.79, No.700, pp.689-696, 2014.6
- 274 2) 山崎順二, 今本啓一, 下澤和幸, 永山勝: 原位置での簡易透気性とかぶり厚さによる RC 構造物の
275 耐久性評価, コンクリート工学年次論文集, Vol.31, No.1, pp.1999-2004, 2009.
- 276 3) J.W.Figg : Methods of Measuring the Air and Water Permeability of Concrete, Magazine of Concrete
277 Research, Vol.25, No.85, pp.213-218, 1973.

278

NDIS 3436-4 : 202X

279

コンクリートの非破壊試験—表層透気試験方法

280

第4部：ドリル削孔法

281

解 説

282

283

284

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。

285

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。

287

288

1 制定の趣旨及び経緯

289

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、透気試験の実用化の機運が高まっている。

292

この規格の対象であるドリル削孔法は、J.W.Figg によって 1973 年に Figg-Poroscope 法¹⁾ (以下、Figg 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。国内では、笠井らが 1982 年から研究を開始し、前述した Figg 法について、ドリル削孔の径、深さ、使用する栓の寸法、測定する真空度の範囲及び試験回数などに関する検討が重ねられてきた²⁾。また、本試験における“削孔法透気速度”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³⁾ (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、コンクリートの促進中性化試験による中性化深さとも良好な相関がみられることが報告されている^{例えば 4)}。

300

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、ドリル削孔法についての規格を制定することとした。

302

ドリル削孔法をはじめ、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。

309

310

2 審議中に特に問題となった事項

311

2.1 試験時の環境温度範囲

312

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。

314

315 試験にあたっては“環境温度が 5°C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
316 とした。

317 2.2 試験装置の点検

318 ドリル削孔法試験装置は、輸入販売されている 1 機種があるが、国内での製造メーカーはなく、現時点
319 では各研究者が自ら試験装置の構成を行い、製作したものとなる。この規格の制定に先立ち実施した共
320 通試験において、使用する試験装置に器差⁵⁾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
321 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
322 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
323 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。

324

325 3 適用範囲（箇条 1）

326 この規格は、コンクリート表面に設けたドリル削孔内を減圧し、所定の真空度の範囲における圧力変
327 化の時間を計測することで透気性を測定する試験方法について規定する。試験は、コンクリート試験体
328 又は実構造物の部位、部材を対象として行う。

329 なお、試験対象とするコンクリートは、使用されている粗骨材の最大寸法が 25 mm 以下とした。粗骨
330 材の最大寸法を規定したのは、ドリル削孔径が 10 mm であるため内部の粗骨材位置の直上で削孔した場
331 合、骨材自体に削孔が設けられることとなり、コンクリートの透気試験とならないことを考慮したため
332 である。

333

334 4 規定項目の内容

335 4.1 圧力計測器（5.1 a）

336 試験装置に組み込まれている圧力計測器は、所定の真空度の範囲を計測可能なマンメータ、差圧計、
337 圧力センサ及び真空計がある。圧力計測器は、計測トレーサビリティのとれた圧力計との比較による校
338 正を行い、その誤差を評価したものとする。計測器のうち、デジタル式のマンメータや真空計などは、
339 対象とする試験体が多い場合には利便性が高いが、試験体が少ない場合には、簡易に、安価で行える U
340 字型真空計を使用してもよい。

341 4.2 ドリルビット（5.3）

342 ドリル削孔において、削孔する表面部が使用する電気ドリルの回転トルク、振動及びビットの形状に
343 よって、部分的に破損する場合がある。このような事象が頻繁に起こるのを避けるため、ビット刃先が
344 コンクリート表面に接した際に安定し、かつ削孔中にぶれが少ない、ビット刃数が複数枚のものをを用い
345 るとよい。

346 4.3 定期点検と日常点検（箇条 6 及び 7.4）

347 定期点検は、実施時期、実施者及びその方法を定めた。実施時期は、試験装置の使用頻度を考慮し、
348 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
349 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
350 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
351 認する。校正器による点検は、同器の流量調整器における所定の流量値と測定による削孔法透気速度と
352 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。

353 なお、定期点検方法の一例を**附属書 A**に示した。

354 日常点検は、定期点検と同様に実施時期、実施者及びその方法を定めた。日常点検では、試験装置の

355 漏れ量を確認する。注射針に繋ぐホースの先端を密閉した状態で、試験装置内を減圧することによって、
356 圧力計測器、ホース、又は両者の接続部での漏れの有無やその漏れ量を確認する方法とした。

357 4.4 試験箇所 (7.2)

358 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
359 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
360 とする場合、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
361 削孔法透気速度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
362 として、通常において水掛かりのない部位又は部材とした。しかしながら、コンクリートの含水状態が
363 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のが望ましい。

364 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
365 リート床下地表層部の諸品質の測定方法、グレード”⁶⁾、スイス連邦道路局の“コンクリートの品質管
366 理に関する指針”⁷⁾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
367 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。

368 また、実構造物において部材のコンクリート打込み高さの高低によって、低い位置は高い位置に比べ、
369 削孔法透気速度が小さくなる傾向があることから、その影響を考慮して、試験箇所の選定を行うことも
370 必要である。

371 4.5 ドリル削孔 (7.3 b))

372 試験箇所において、複数のドリル孔を削孔するときは、隣接するドリル削孔の中心間距離は 50mm 以
373 上とする²⁾。また、鉄筋コンクリートの部材を対象とする試験では、予め鉄筋位置を非破壊試験など
374 によって確認し、可能な限り鉄筋位置から遠い箇所を測定点とする。

375 なお、ドリル削孔は所定の深さに削孔されていることをノギスのデプス部などによって確認する。ド
376 リル削孔の容積は試験結果に影響を与えるため、所定の深さに穿孔されていることが重要となる。

377 4.6 栓の固定 (7.3 d))

378 栓の固定は、**附属書 B**の表 B.1 に示した装置 (A) 及び装置 (B) ではエポキシ樹脂系接着剤が使用さ
379 れている。その他、アクリル樹脂系接着剤なども使用できる。また、**同表**の装置 (C) では栓にワセリン
380 又はグリスを塗って孔に挿入し、プラスチックねじインサートによって固定する方法を用いている。

381 4.7 測定時間 (7.5 c))

382 この試験では、所定の真空度の範囲における圧力変化の時間を測定する。このとき、コンクリートが
383 緻密な場合には所要時間が長くなるため、真空度の範囲を狭くするか、又は所要時間を 300 秒間 (5 分
384 間) 程度として、計測を開始した真空度 X_1 からの真空度の範囲を記録する方法がある。

385

386 5 その他の解説事項

387 5.1 コンクリートの使用材料 (9.2)

388 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
389 セメントの種類を確認することが望ましい。

390 5.2 同一試験孔あたりの測定回数 (附属書 B)

391 **附属書 B**の表 B.1 に示した装置 (A) 及び装置 (B) では、同一試験孔における測定回数を連続した 4 回
392 としている。これは、1 回目の測定による削孔法透気速度が、2 回目以降よりも大きくなる傾向にあるか
393 らである。1 回目の削孔法透気速度が大きくなるのは、2 回目以降の空気の定常流に関与しない空気を取
394 り込むためと考えられる。従って、1 回目の測定値を却下し、2 回目から 4 回目の測定値を採用する。ま

395 た、同表の装置(C)では、同一試験孔における測定回数は1回としている。

396 5.3 試験箇所数

397 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
 398 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、
 399 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
 400 験回数の観点から考慮すれば、試験箇所数は6箇所⁸⁾を目安とすることが考えられる。

401

402

403 【参考文献】

- 404 1) J.W.Figg : Methods of Measuring the Air and Water Permeability of Concrete, Magazine of Concrete Research,
 405 Vol.25, No.85, pp.213-218, 1973
- 406 2) 野中英, 湯浅昇, : ドリル削孔を用いた構造体コンクリートの簡易透気試験方法の提案, 日本建築学
 407 会構造系論文集, Vol.79, No.700, pp.689-696, 2014.6
- 408 3) RILEM TC116-PCD : Recommendations of TC 116-PCD, Tests for gas permeability of concrete. B.
 409 measurement of the gas permeability of concrete by the RILEM-CEMBUREAU method, Materials and
 410 Structures, Vol.32, pp.176-178, 1999
- 411 4) 野中英, 湯浅昇, : 簡易透気試験方法による構造体コンクリートの中性化抵抗性評価, 日本建築学会
 412 構造系論文集, Vol.80, No.711, pp.727-734, 2015.5
- 413 5) 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
 414 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,
 415 A-1, 材料施工, pp.545-554, 2017.8
- 416 6) 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,
 417 (<http://www.yukakai.jp>)
- 418 7) Torrent,R : English Translation of "Recommendations for Quality Control of Concrete with Air-Permeability
 419 Measurements" (Swiss Federal Department of Transportation, Dec.2009), 2010.9
- 420 8) 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気
 421 法の評価ーその 3 サンプル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梗概
 422 集, A-1, 材料施工, pp.1253-1254, 2007.8