

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 3436-1 : 202X

3 **コンクリートの非破壊試験－表層透気試験方法**4 **第 1 部：一般通則**

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

6 Part1 : General principles

7
8
9 **1 適用範囲**

10 この規格は、コンクリート表層部での透気性を測定するための試験方法の一般事項について規定する。

11 **2 引用規格**12 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
13 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**NDIS 3436-2** 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**NDIS 3436-3** コンクリートの非破壊試験－表層透気試験方法 第 3 部：シングルチャンバー法**NDIS 3436-4** コンクリートの非破壊試験－表層透気試験方法 第 4 部：ドリル削孔法**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14
15 **3 用語及び定義**16 この規格で用いる主な用語の定義は、**JIS A 0203** によるほか、次による。17 **3.1**18 **ダブルチャンバー法**19 ダブルチャンバー法（表面減圧法）は、独立した 2 重セル構造となる内部と外部のチャンバー内の圧
20 力が均衡する下で、内部チャンバー内での所定の真空度の範囲における圧力変化の時間を計測すること
21 によってコンクリートの透気性を測定する方法。22 **3.2**23 **シングルチャンバー法**24 シングルチャンバー法（表面減圧法）は、試験に用いるチャンバー内での所定の真空度の範囲にお
25 ける圧力変化の時間を計測することによってコンクリートの透気性を測定する方法。26 **3.3**27 **ドリル削孔法**28 ドリル削孔法（削孔減圧法）は、コンクリートに設けた削孔内での所定の真空度の範囲における圧力
29 変化の時間を計測することによってコンクリートの透気性を測定する方法。

30 3.4

31 定期点検（透気試験装置の一）

32 試験装置の機能・性能が維持されていることの定期的な確認。

33 3.5

34 日常点検（透気試験装置の一）

35 試験装置が正常であることの試験前の確認。

36 4 試験技術者

37 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に関
38 する基礎知識をもち、試験目的に応じて試験方法を適切に選択できる者とする。

39 5 試験方法

40 表層透気試験方法は、ダブルチャンバー法、シングルチャンバー法及びドリル削孔法を対象とす
41 る。

42 5.1 ダブルチャンバー法

43 ダブルチャンバー法は、NDIS 3436-2 による。

44 5.2 シングルチャンバー法

45 シングルチャンバー法は、NDIS 3436-3 による。

46 5.3 ドリル削孔法

47 ドリル削孔法は、NDIS 3436-4 による。

48 6 試験装置の点検

49 6.1 点検の種類

50 6.1.1 定期点検

51 定期点検の目的、時期、実施者、実施方法及び調整は、次による。

52 a) 定期点検の目的

53 定期点検の目的は、試験装置の校正及びその他の機能・性能を確認することである。

54 b) 定期点検の時期

55 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。

56 なお、日常点検時に不具合が認められた場合は、定期点検を行う。

57 c) 定期点検の実施者

58 定期点検は、試験装置の製造者又はその代理者が実施する。

59 d) 定期点検の方法

60 定期点検では、試験装置の目視点検及び動作確認、並びに各試験方法の規格が定める NDIS 3436-5 に
61 よる校正器を用いた流量と圧力の関係が精度内に入っていることに基づき、試験装置の性能を確認す
62 る。

63 e) 試験装置の調整

64 定期点検、又は不具合発生時において機能及び性能を満足していない場合は、試験装置の調整を行
65 う。

66 6.1.2 日常点検

67 日常点検の目的, 時期, 実施者及び実施方法は, 次による。

68 **a) 日常点検の目的**

69 日常点検の目的は, 試験装置が正常であることを確認することである。

70 **b) 日常点検の時期**

71 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。

72 **c) 日常点検の実施者**

73 日常点検は, 試験技術者が行う。

74 **d) 日常点検の方法**

75 日常点検は, 各試験方法の規格が定める方法によって実施する。又は, 対比試験片を用いて確認でき
76 る方法とする。

77 **6.2 校正器**

78 校正器は, 流量と圧力の関係が所定の精度内に入っていることを確認 (校正) するための機器であ
79 り, NDIS 3436-5 に定めた, 定量的に流量を変化させることができる流量調整器をもつものとする。

80 **6.3 対比試験片**

81 対比試験片は, 試験技術者などが試験結果に影響を与えない範囲で試験装置の漏気の有無を確認で
82 きるものを定めておく。

83 **注記** 試験装置の製造者などが対比試験片を定めておくとよい。

84

85

NDIS 3436-1 : 202X

86

コンクリートの非破壊試験—表層透気試験方法

87

第 1 部：一般通則

88

解 説

89

90

91 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。

92 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。

94

95 1 制定の趣旨及び経緯

96 近年、サステナブルな循環型社会の実現を目的として、コンクリート構造物の初期性能を高め、
97 適切な維持保全によって長寿命化を図る取組みが定着してきている。これまで、コンクリート構造物の
98 耐荷力や耐久性が確保されていることを確かめるための方法として、非破壊試験が数多く提案されてき
99 きた。例えば、コンクリートの強度特性を推定するための反発度試験、弾性波試験、機械インピーダンス
100 試験などが、またコンクリートの緻密度を測るための透気試験や透水試験などが挙げられ、これらの研
101 究開発が精力的に行われてきている。

102 コンクリートの透気試験については、近年、国内外において研究が盛んとなり、特に原位置において
103 適用が可能な表面法や削孔法による表層透気試験に関する研究成果が多数報告されている（解説表 1 参
104 照）。しかし、国内外を通じて、未だ試験規格は制定されていない。このような中ではあるが、表層透気
105 試験によるコンクリートの透気性評価については、RILEM [建設材料・構造に関わる国際研究機関・専
106 門家連合]より RILEM Report 40 として 2007 年に発表された“Non-Destructive Evaluation of the Penetrability
107 and Thickness of the Concrete Cover”¹⁾、(公社)土木学会により 2012 年に発表された“構造物表層のコン
108 クリート品質と耐久性性能検証システム研究小委員会 (JSCE335 委員会) 第 2 期成果報告書及びシンポジ
109 ヴウム講演概要集”²⁾、及び(公社)コンクリート工学会のコンクリート工学 2015 年 7 月号に掲載された
110 “コンクリートの表層透気試験方法の現状と課題”³⁾などに纏められている。また、コンクリートの施
111 工に関するスイス規格 (SIA 262:2013) には、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
112 され、実構造物の品質を透気試験などの方法によって検査することが盛り込まれている。その具体的な
113 動きとして、スイス連邦道路局では検査指針が作成されており、試験に適用する表層透気試験方法と透
114 気係数の推奨基準値が定められ、運用されている⁴⁾。一方、国内でも東日本大震災以降、災害復興によ
115 って新たに建設される橋梁、トンネルなどについては、国土交通省東北地方整備局により 2015 年 12 月
116 に発行された“コンクリート構造物の品質確保の手引き (案)”⁵⁾において、建設時の養生によるコンク
117 リートの緻密性の評価方法に表層透気試験が導入され、試行されている。

118 このように、コンクリート構造物の品質評価方法としての表層透気試験導入の機運の高まりを背景と
119 して、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
120 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

121 究委員会を組織し、対象とする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^{6)~8)}
 122 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
 123 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
 124 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
 125 の規格群を制定するに至った。

126
127 **解説表 1—各種透気試験方法の概要**

| 研究者 | 試験方法 | 試験領域 | 透気性の評価 | 含水状態への対応 |
|---|-------|---------------------------|---|--------------------|
| RILEM TC-PCD : CEMBUREAU 法 ⁹⁾ | 一軸定常流 | 直径 15cm 厚さ 5cm | ダルシー則の透気係数 | 50℃乾燥 |
| J.W.Figg ¹⁰⁾ | 削孔減圧法 | φ10×40mm | 50-55kPa の経過時間(s) | 晴天時に実施 |
| 笠井ら ¹¹⁾ | 削孔減圧法 | φ10×40mm | 一般に、25.3-21.3kPa の経過時間(s) | — |
| Dhir ら ¹²⁾ | 削孔減圧法 | φ13×50mm | 55-45kPa の経過時間(s) | — |
| H.W.Reinhardt ら ¹³⁾ | 削孔加圧法 | φ10×40mm | 50-35kPa の経過時間(s) | — |
| C.Z.Hong ら ¹⁴⁾ | 削孔加圧法 | φ20×35 (先端 15) mm | 50-35kPa の経過時間(s), 透気領域を概ね孔周辺の 35mm であることを実験的に確認している。 | — |
| K.Paulman ¹⁵⁾ | 削孔加圧法 | φ11×40~45mm | 0.02~0.05 kPa の経過時間(s) | — |
| A.J.Hansen ら ¹⁶⁾ | 削孔加圧法 | コンクリート表面 60mm 径(圧力センサー挿入) | 0.1-0.4 kPa 加圧時の圧力変化より透気係数算定 | 孔内部の相対湿度を 90%以下に減圧 |
| K. Schönlin ¹⁷⁾ | 表面減圧法 | 約 10cm | 5-30 kPa の経過時間(s) | ドライヤーによる表面部分の乾燥 |
| P.A.M.Basheer ら ¹⁸⁾ | 表面加圧法 | 約 5cm | 50-98 kPa の経過時間(s) | — |
| R. Torrent ¹⁹⁾ | 表面減圧法 | 約 5cm | 内外チャンバーの気圧バランスによって栓流としての透気係数算定 | Wenner 法により比抵抗を評価 |
| P. Zia ら ²⁰⁾ | 表面減圧法 | 約 10cm | 5 秒毎の圧力変化を計測 | — |

- 128
129
130
131
132
- 物質移動特性 (透気係数) に直接的に結びつけることのできる (検討をした) 方法: RILEM CEMBUREAU 法 (ベンチマーク試験として位置づけられる), Torrent 法 (非破壊), Paulman 法, Germann 法 (Hansen)
 - 定性的だが (補正係数を乗じることにより透気係数への変換は可能), 非破壊で簡便な方法: シングルチャンバー法 (K. Schönlin), Autoclam (P.A.M. Basheer), Zia 法
 - 定性的だが透気試験におけるドリル孔や削孔粉を利用して他の情報 (透水性, 中性化深さなど) を得ることができる方法: 削孔法 (Figg 法, 笠井法, TUD 法 (Reinhardt), Hong-Parrot 法, CAT 法 (Dhir))

133 **2 審議中に特に問題となった事項**

134 **2.1 制定した試験方法**

135 この規格群で制定した表層透気試験方法は、主に国内において検討が進められてきた“ダブルチャ
 136 ンバー法”, “シングルチャンバー法”及び“ドリル削孔法”であり、原位置での試験として簡易・簡便
 137 に実施できる方法であることを基本性能として選定した。

138 “ダブルチャンバー法”は、試験装置の規格が R. Torrent によって定められたのち¹⁹⁾、市販化されて
 139 おり、国内外において研究成果及び使用実績の報告例も多い。“シングルチャンバー法”は、試験装置
 140 が簡易な構成であり、試験の所要時間も短く、多点測定に利用できるなどの利点があり、非常に簡便な
 141 方法である。“ドリル削孔法”は、試験方法の原型が J.W.Figg によって提案され¹⁰⁾、国内外の研究者に
 142 よって削孔径、深さ、測定における真空度の範囲などの検討が進められており、試験装置は市販化され
 143 ているものもある。また、それぞれの試験方法における測定値は、コンクリートの透気試験 (定圧方
 144 法) として代表的な RILEM CEMBUREAU 法によって求まるコンクリートの透気係数との相関が認め
 145 られている。

146 **2.2 試験装置の点検の必要性**

147 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⁷⁾がある場合には、同

148 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
149 重要であるとの結論に達した。試験装置の点検は、測定精度を担保するために試験装置の機能及び性能
150 を確認する“定期点検”，日常的に試験装置の漏れ量を確認する“日常点検”をそれぞれ行うこととした。

151

152 3 適用範囲（箇条 1）

153 この規格は、コンクリートの表層部における透気性を測定するための試験方法である。この試験の
154 対象とするコンクリートの“表層”とは、コンクリート表面から透気試験によって影響しうる範囲を示
155 すものである。

156

157 4 規定項目の内容

158 4.1 引用規格（箇条 2）

159 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規格を挙げた。箇条 5 試験
160 方法で挙げた試験は **NDIS 3436-2**、**NDIS 3436-3** 及び **NDIS 3436-4** を引用する。また、**NDIS 3436-5**
161 は、**箇条 6** 試験装置の点検で引用する規格である。

162 4.2 用語の定義（箇条 3）

163 用語の定義では、各表層透気試験方法について定義した。規格として制定した 3 つの試験方法は、
164 いずれも表層透気試験における変圧方法に属し、コンクリートに設けた空間又は表面に取り付けた圧力
165 室内に圧力を作用させた後にそれを停止し、その後の圧力変化の範囲と経過時間の関係を求める方法で
166 ある。作用させる圧力は減圧となることから、ダブルチャンバー法及びシングルチャンバー法は“表面
167 減圧法”，ドリル削孔法は“削孔減圧法”として名称を定め、それぞれの試験方法を定義した。

168 4.3 試験技術者（箇条 4）

169 この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に関する基礎知識を
170 もち、試験目的に応じて試験方法を適切に選択できる者”を前提とした。コンクリートの透気性につい
171 て一般的な知識をもち、試験方法の原理及び試験装置の適切な操作方法を理解しており、かつコンクリ
172 ート構造物に関する設計、材料及びその施工に関する一般的な知識をもつ者が望ましい。このうち、コ
173 ンクリート構造物に関して基礎知識をもつ技術者については、技術士（建設部門）、一級土木施工管理
174 技士、一級建築施工管理技士、（公社）コンクリート工学会のコンクリート診断士、コンクリート主任
175 技士などの資格をもつ者であることが望ましい。

176 なお、これら有資格者でない者が試験方法を選択しなければならない場合は、有資格者に相談する
177 ことが望まれる。

178 4.4 試験装置の点検（箇条 6）

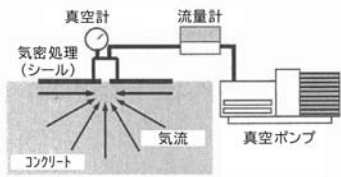
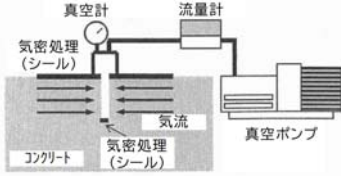
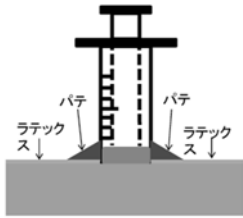
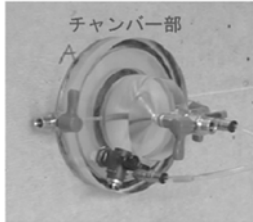
179 この規格では、測定精度を担保するために実施する“定期点検”，日常的に実施する“日常点検”を
180 それぞれ行うこととしている。定期点検は、試験装置の使用頻度を考慮し、試験技術者が定めた期間ご
181 とに行うこととしている。ただし、この期間は試験技術者の責任において過去に遡って試験装置の測定
182 精度が担保できる期間とすることが望ましく、あまり長くならないようにするのがよい。点検は、
183 **NDIS 3436-5** による校正器によって、試験装置の機能及び性能を確認する。一方、日常点検は、各試験
184 方法の規格が定めた方法によって、試験技術者が試験実施前に行い、主に試験装置の漏れ量を確認す
185 る。

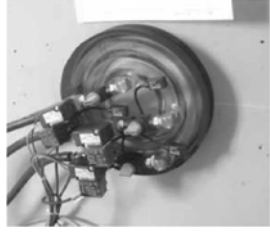
186

187 5 懸案事項

188 この規格群では、国内においてこれまで検討が進められてきた“ダブルチャンバー法”，“シングル
 189 チャンバー法”及び“ドリル削孔法”について規格を制定した。これら試験方法以外にも、国内では解
 190 説表 2 に示した各試験方法が提案されている。同表における試験方法は、規格の検討に先立ち表層透
 191 気性試験方法研究委員会で実施した共通試験において、同一試験体を対象として規格制定した 3 試験方
 192 法とともに測定を行い、試験方法について検討を行っている。これらの試験方法は、今後の研究進展、
 193 実績などを踏まえ、この規格の次回改定において追加する試験方法として検討する事項となる。
 194

195 解説表 2—国内において本規格群以外に提案されている試験方法^{注)}

| 名称及び分類 | 試験概要 | 試験装置図 |
|---------------------------------------|---|---|
| シール法 ²¹⁾ [表面減圧法] | コンクリート表面に樹脂膜を施し、半球状の透気領域を形成することによって、透気領域を仮定して透気指数を求める方法である。 |  |
| シール削孔法 ²²⁾ [削孔減圧法] | 上記のシール法とドリル削孔法を併用し、削孔深さ毎に求まる平均的な透気指数より、含水状態に起因する影響を検討できる方法である。 |  |
| シリンダー法 ²³⁾ [表面減圧法] | 市販のプラスチック製シリンダ(注入器)を使用し、電源を必要とせずに試験が可能である。コンクリート表面に設置したシリンダー内の空気流入量によって表層透気性を相対評価する。 |  |
| ダブルチャンバー加圧法 ²⁴⁾ [表面加圧法] | 測定部はダブルチャンバーであり、内側チャンバーの気圧低下速度により評価する。試験箇所はシール材によって空気漏れを防ぎ、コンクリートが不均質で空隙率が変動する場合であっても、透気速度の評価が可能。 |  |

| | | |
|--|--|---|
| <p>トリプルチャンバー法^{25), 26)} [表面減圧法]</p> | <p>同心円状に配置した3層のチャンバーに3次的に流入する空気を捉える手法である。試験では各層を減圧した後、バルブを閉じて各層の気圧上昇をモニタリングし、逆解析によって深さ方向の透気性分布を評価する。</p> |  |
|--|--|---|

196 注) 表層透気性試験方法研究委員会において共通試験を実施して検討された試験方法。

197

198 **【参考文献】**

- 199 1) RILEM Report 40 : Non-Destructive Evaluation of the Penetrability and Thickness of the Concrete Cover,
200 State of the Art Report of RILEM Technical Committee TC 189-NEC "Non-Destructive Evaluation of the
201 Concrete Cover", Edited by R.Torrent and L.Fernandez Luco., 2007.
- 202 2) (公社) 土木学会 : 構造物表層のコンクリート品質と耐久性能検証システム研究小委員会 (JSCE335
203 委員会) 第2期成果報告書及びシンポジウム講演概要集, 2012.
- 204 3) 今本啓一 : コンクリートの表層透気試験方法の現状と課題, コンクリート工学, テクニカルレポー
205 ト, Vol.53, No.7, pp.606-613, 2015.7
- 206 4) 半井健一郎, 蔵重勲, 岸利治 : かぶりコンクリートの透気性に関する竣工検査—スイスにおける指
207 針—, コンクリート工学, Vol.49 No.3, pp.3-6, 2011.3
- 208 5) 国土交通省東北地方整備局 (<http://www.thr.mlit.go.jp/road/sesaku/tebiki/kyoukyaku.pdf>)
- 209 6) 山崎順二, 今本啓一, 湯浅昇, 下澤和幸, 田中章夫, 本庄敬祐, 加藤猛, 野中英, 蔵重勲, 佐藤大
210 輔 : 各種透気試験方法に関する共通試験(その1)~(その5), 日本建築学会大会学術講演梗概集, 材
211 料施工, pp.1237-1246, 2016.8
- 212 7) 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
213 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, 材
214 料施工, pp.545-554, 2017.8
- 215 8) 下澤和幸, 田中章夫, 山崎順二, 今本啓一, 湯浅昇 : 各種透気試験装置の検定方法と透気領域(その
216 1)~(その3), 日本建築学会大会学術講演梗概集, 材料施工, pp.585-590, 2018.9
- 217 9) RILEM TC 116-PCD, 'Recommendations of TC 116-PCD, Tests for gas permeability of concrete. B.
218 Measurement of the gas permeability of concrete by the RILEM – CEMBUREAU method, Mater.& Struct.,
219 32, pp. 176-179, 1999.
- 220 10) Figg, J.W., "Methods of measuring the air and water permeability of concrete", Magazine of Concrete Research,
221 Vol. 25, No. 85,, pp. 213-219, Dec. 1973.
- 222 11) 笠井芳夫, 松井勇, 湯浅昇 : 簡易な試験による構造体コンクリートの品質評価の試み, セメント・
223 コンクリート, No.559, pp.20-28, Sept. 1993.
- 224 12) Dhir, R.K., Hewlett, P.C. and Chan, Y.N., Near-surface characteristics of concrete: assessment and development
225 of in situ test methods, Magazine of Concr. Res., V. 39, No.141, Dec. 1987, pp. 183-195.
- 226 13) Reinhardt, H.W., Mijnsbergen J. and Croes, J.H.: Can the quality of the concrete cover be measured in practice
227 (in Dutch), Cement (Netherlands), Vol. 40, No. 1, pp. 22-26, 60, Jan. 1988.
- 228 14) Hong, C.Z. and Parrott, L.J.: Air permeability of cover concrete and the effect of curing, British Cement Assoc.

- 229 Report C/5, October 1989.
- 230 15) Paulmann, K. and Rostasy F.S.: Praxisnahes Verfahren zur Beurteilung der Dichtigkeit oberflächennäher
231 Betonschichten im Hinblick auf die Dauerhaftigkeit, Institut für Baustoffe, Massivbau und Brandschutz, Techn.
232 Univ. Braunschweig, 1989.
- 233 16) Hansen, A.J., Ottosen N.S. and Petersen, C.G.: Gas-permeability of concrete in situ: theory and practice, ACI
234 SP-82, pp. 543-556, In Situ/Nondestructive Testing of Concrete, V.M. Malhotra (Ed.), ACI, Detroit, 1984.
- 235 17) Schönlin, K. and Hilsdorf, H.: Evaluation of the effectiveness of curing of concrete structures, ACI SP-100,
236 Concrete Durability. Katharine and Bryant Mather Intern. Confer., Vol. 1, pp. 207-226, Detroit, ACI, 1987.
- 237 18) Basheer, P.A.M., Long, A.E. and Montgomery, F.R.: he 'Autoclam' for measuring the Surface Absorption and
238 Permeability of Concrete on Site, CANMET / ACI Int. Workshop on Advances in Concrete Technology, Athens,
239 pp. 107-132, May 1992.
- 240 19) Torrent, R.: A two-chamber vacuum cell for measuring the coefficient of permeability to air of the concrete
241 cover on site, Mater. & Struct. , v.25, n.150, pp.358-365, July 1992.
- 242 20) Guth, D.L. and Zia, P.: Evaluation of new air permeability test device, ACI Materials Journal, Vol. 98, No. 1,
243 Jan-Feb, pp. 44-51, 2001.
- 244 21) 氏家勲, 土屋崇, 岡崎慎一郎: 実構造物でのコンクリートの透気性の測定方法に関する検討, セメント・
245 コンクリート論文集, Vol.62, pp.197-204, セメント協会, 2008.
- 246 22) 氏家勲, 岡崎慎一郎, 中村翼: 実構造物における現場透気試験方法の改善に関する検討, セメント・
247 コンクリート論文集, Vol.63, pp.189-195, セメント協会, 2009.
- 248 23) 面矢建次郎, 渡辺健, 関川昌之, 橋本親典: 各種シリンダーを用いた簡易透気試験による表層透気
249 性の評価手法の検討, コンクリート工学年次論文集, Vol.39, No.1, pp.1975-1980, 2017.
- 250 24) 高橋典子, 白谷祐太, 豊福俊泰, 永松武則: ダブルチャンバー透水性・透気性試験機による表層コ
251 ンクリートの非破壊検査法に関する研究, コンクリート工学年次論文集, Vol.38, No.1, pp.2025-2030,
252 2016.
- 253 25) 蔵重勲, 廣永道彦: コンクリートに内在する深さ方向の透気性分布を評価可能な非破壊試験方法の
254 開発, 土木学会第 67 回年次学術講演集, V-009, pp.17-18, 2012.
- 255 26) Kurashige, I.: Novel non-destructive test method to evaluate air-permeability distribution in depth direction in
256 concrete -development of triple-cell air-permeability tester (TCAPT), The proceedings of international
257 symposium on Non-Destructive Testing in Civil Engineering, 2015.