

NDIS 意見受付

NDIS3440-3 コンクリートの非破壊試験—水分浸透抵抗性試験方法 第3部 表面透水試験
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次に示すメールアドレスまでお願いいたします。

意見受付締切日：2023 年 4 月 14 日（金）

意見提出先：Email：bsn@jsndi.or.jp

目次

	ページ
1. 適用範囲	-1-
2. 引用規格	-1-
3. 用語及び定義	-1-
3.1 水分浸透量	-1-
3.2 二重チャンバー	-1-
4. 試験技術者	-1-
5. 試験用具	-1-
5.1 表面透水試験装置	-1-
5.2 シール材及び器具	-3-
5.3 校正器	-3-
5.4 対比試験片	4
5.5 水	4
6. 試験装置の点検	4
6.1 定期点検	4
6.2 日常点検	-5-
7. 試験方法	-5-
7.1 試験計画	-5-
7.2 適用箇所	-5-
7.3 試験条件	-5-
7.4 試験の準備	-5-
7.5 試験手順	-5-
8. 計算	-6-
9. 報告	-6-
9.1 必ず報告する項目	-6-
9.2 必要に応じて報告する事項	-6-
解説	-8-

まえがき

この規格は、日本非破壊検査協会規格（NDIS）制定などに関する規則に基づき、標準化委員会の審議を経て、（一社）日本非破壊検査協会が制定した規格である。

この規格は、著作権法で保護対象となっている著作物である。

この規格“NDIS3440-3”に従うことは、次の者のもつ特許権“特許第 5611417 号”などの使用に該当するおそれがあるので、留意する。“ダブルチャンバー式加圧透水・透気試験機 W. A. P. P”（ユニセンス株式会社）を用いて試験する場合以外は、特許権利者との協議が必要となる。

（特許権者）

氏名： 学校法人中村産業学園

住所： 福岡県福岡市東区松香台2丁目3-1

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 2015-018”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、特許権、出願公開後の特許出願、実用新案権又は出願公開後の実用新案登録出願に抵触する可能性があることに注意を喚起する。（一社）日本非破壊検査協会は、このような特許権、出願公開後の特許出願、実用新案権又は出願公開後の実用新案登録出願にかかわる確認について、責任はもたない。

この規格を適用する責任は、この規格の使用者に帰する。また、規格を適用した場合に生じるかもしれない安全上又は衛生上の諸問題に関しては、この規格の適用範囲外である。この規格の適用に際して、安全上又は衛生上の規定が必要な場合は、この規格の使用者の責任で、安全又は衛生に関する、規格又は指針などを併用しなければならない。

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。

1 日本非破壊検査協会規格

2 NDIS 3440-3 : 2023

3 コンクリートの非破壊試験—水分浸透抵抗性試験

4 第3部 表面透水試験方法

5 Non-destructive testing of concrete—Water penetration resistance test

6 Part3: Surface water permeability test method

7
8
9 1 適用範囲

10 この規格は、コンクリート表面に二重チャンバーを密着・真空吸着後に、注水し加圧することによって水分浸
11 透量を測定する表面透水試験方法について規定する。

12
13 2 引用規格

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

16 JIS A 0203 コンクリート用語

17 JIS B 7547-1 圧力計の特性試験方法及び校正方法—第一部：一般用

18 JIS R 3505 ガラス製体積計

19 JIS Z 8126-1 真空技術—用語—第1部：一般用語

20 JIS Z 8126-2 真空技術—用語—第2部：真空ポンプ及び関連用語

21 NDIS 3440-1 コンクリートの非破壊試験—水分浸透抵抗性試験 第1部：一般通則

22
23 3 用語及び定義

24 この規格に用いる主な用語の定義は、JIS A 0203、NDIS 3440-1における用語及び定義によるほか、次による。

25 3.1

26 水分浸透量

27 内側チャンバーを介してコンクリートに浸透した水の体積。

28 3.2

29 二重チャンバー

30 透水試験を行うための内側チャンバー及びコンクリート表面にチャンバーを真空吸着するための外側チャンバ
31 ーの独立二重セル構造をもつ容器。

32 3.3

33 校正器

34 試験装置の定期点検に用いる校正器。

35 3.4

36 対比試験片

37 試験装置の日常点検に用いる対比試験片。

38

39 4 試験技術者

40 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用具の取扱い並びにコンクリートに関する
41 基礎知識をもち、適切に試験が実施できる者とする。

42

43 5 試験用具

44 5.1 表面透水試験装置

45 表面透水試験に用いる試験装置の構成例は、図1及び図2のとおりである。装置を構成している各機器の性能
46 は、次のとおりである。

47

48

49

50

51

52

53

54

55

56

57

58

59

60

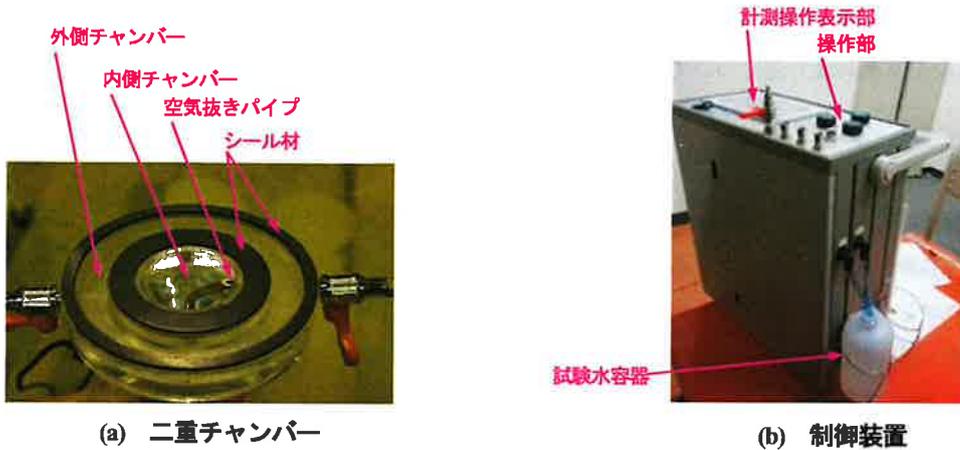


図1 表面透水試験装置（例）

61
62
63
64
65
66
67
68
69
70
71
72
73
74
75
76
77
78
79
80
81
82
83
84
85
86
87
88
89
90
91
92
93
94
95
96
97
98
99
100
101
102

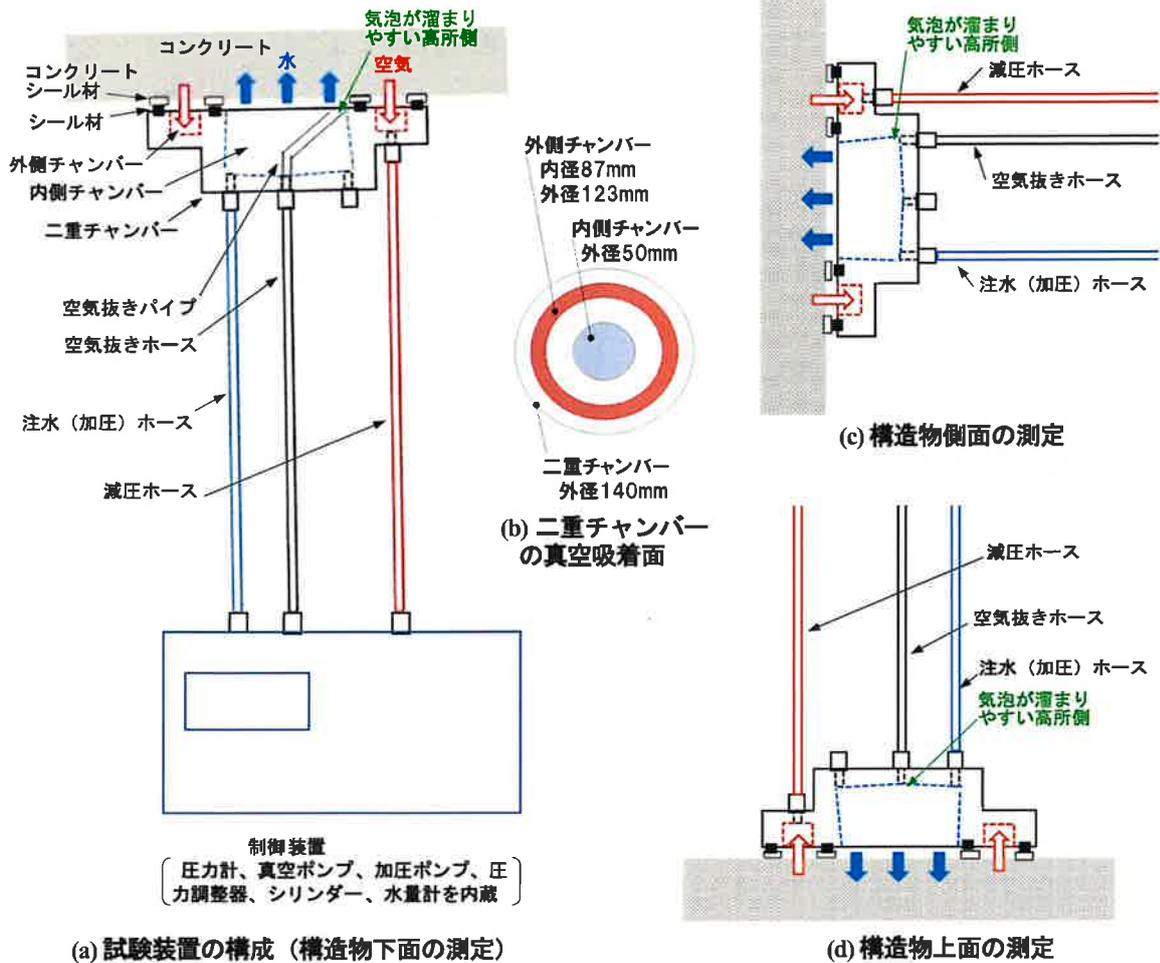


図2 コンクリート構造物の測定面に応じた表面透水試験装置の構成（例）

- a) **二重チャンバー** 内側チャンバー（外径 50mm）は、注水時に気泡が残らない及び加圧時に漏水しない構造、外側チャンバー（内径 87mm、外径 123mm）は、減圧時に漏気しない構造とし、二重チャンバーの外径は 140mm とする。また、内部が見える透明材で、試験中に変形が生じない材質とする。
- b) **圧力計** 圧力計（圧力センサ）の測定能力は、0 kPa～100 kPa まで測定できるものとする。
- c) **真空ポンプ** 真空ポンプは、外側チャンバー内部を大気圧から所定の真空圧力まで減圧できる能力がある低真空ポンプとする。
- d) **加圧ポンプ** 加圧ポンプは、内側チャンバー内をゲージ圧力 55 kPa まで加圧できる能力があるものとする。
- e) **圧力調整器** 二重チャンバー内を所定の圧力で保持することが可能なものとする。
- f) **ホース** ホースは、内部が見える透明材で、試験中の変形が限りなく小さい材質とする。
- g) **シリンダー** シリンダーは、水位低下により水分浸透量を最大 20cm³ まで測定可能なもので、制御装置内に内蔵された円筒形の容器とする。
- h) **水量計** 水量計は、シリンダー内の水量の変化を差圧計・静電容量・ゲージなどにより、0.1 cm³ 以内で測定可能なものとする。

5.2 シール材及び器具

- 103 a) **コンクリートシール材** コンクリート表面に貼り付ける保湿性粘土などの漏水を防ぐ機能を持ち、剥がしやす
 104 いものとする。
- 105 b) **コンクリートシール用型枠** コンクリート表面に、**図 2(b)**及び**図 3**に示すようにコンクリートシール材を、へ
 106 ラを用いて平滑に貼りつけ可能な厚さ 0.8mm程度の平板とする。



117 (a)コンクリートシール用型枠及びへらによる
 118 貼りつけ



(b)貼りつけ後のコンクリートシール材

119 **図 3 コンクリート表面にコンクリートシール材の貼付け (例)**

- 121 c) **シール材** 二重チャンバーをコンクリート表面に貼り付けたコンクリートシール材と密着できるように、極軟
 122 質ゴムの平板を二重チャンバーに埋め込んだもの。

123 **5.3 校正器**

124 表面透水試験装置に用いる校正器の構成例は、**図 4**のとおりである。内側チャンバー内の加圧圧力（制御装置
 125 の水量計の表示値）と水量（**JIS R 3505** ガラス製体積計の目盛値）の関係を、**6.1c)**の点検方法に示す精度で求めら
 126 れるもの。



(a) 正面

(b) 上面

140 **図 4 校正器 (例)**

141

142 **5.4 対比試験片**

143 日常点検において、コンクリートとシール材の間に水漏れがないことを確認するために設置する厚さ 5mm 以上

144 の樹脂の平板又は厚さ 1mm 以上の金属の平板。

145 5.5 水

146 試験に用いる水は、煮沸又は減圧によって十分脱気した脱気水とする。水温は、環境温度との差が 5℃以下と
147 なるように温度を調整する。

148

149 6 試験装置の点検

150 6.1 定期点検

151 試験装置の定期点検の時期、実施者及び点検方法は、次による。

152 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又は 1 年ごとに行う。

153 **注記** 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
154 とが望ましく、あまり長くないようにするのがよい。

155 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。

156 c) **点検方法** 定期点検は、試験装置の動作の確認、及び水量計・圧力計の性能の確認を行う。

157 試験装置の動作の確認は、試験装置の損傷、ホース及びコネクタの接続、並びに作動の状態を、目視及び装
158 置の動作によって確認する。

159 水量計の性能の確認は、校正器 (図 4) の上面に二重チャンバーを設置し、水量 4.0 cm³, 8.0 cm³, 12.0 cm³,
160 16.0 cm³ 及び 20.0 cm³ において、内側チャンバーから排出された水の体積を、校正器の JIS R 3505 ガラス製体
161 積計の目盛値と制御装置の水量計の表示値とをそれぞれ計測して、両計測値の関係を求めることによって、
162 これが線形であり誤差が 0.3 cm³ 以内であることを確認する。

163 圧力計の性能の確認は、JIS B 7547-1 により、内側チャンバー内の加圧圧力計の場合、ゲージ圧力 10.0 kPa,
164 22.5 kPa, 35.0 kPa, 47.5 kPa 及び 60.0 kPa において、また、外側チャンバー内の減圧圧力計の場合、ゲージ圧
165 -10.0 kPa, -27.5 kPa, -45.0 kPa, -62.5 kPa 及び -80.0 kPa において、標準器の目盛値と圧力計の表示値とをそれぞ
166 れ計測して、両計測値の関係を求めることによって、これが線形であり誤差が 0.5 kPa 以内であることを確認
167 する。標準器として使用する圧力計は、計量法に基づく登録校正事業者 (JCSS 校正事業者) などで校正され
168 た計量トレーサビリティのとれたものを使用する。

169 6.2 日常点検

170 試験装置の日常点検の時期、実施者及び点検方法は、次による。

171 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。

172 b) **実施者** 日常点検は、試験技術者が行う。

173 c) **点検方法** 日常点検は、対比試験片を用いて 7.4 の試験手順に従った試験装置の操作により行う。二重チャン
174 ーから試験装置までの接続部からの水漏れと、対比試験片と二重チャンバーのシール材からの水漏れがな
175 いことを確認する。

176

177 7 試験方法

178 7.1 試験計画

179 試験目的に応じ、試験箇所、試験箇所数などを選定する。

180 7.2 試験箇所

181 この試験の適用箇所は、二重チャンバーを密着・真空吸着することができる次のコンクリート面である。

182 a) コンクリート構造物、角柱供試体及び円柱供試体の上面、側面及び下面に位置する直径 15cm の円形面で、曲率
183 や凹凸があってもコンクリートシール用型枠の底面から深さ約 1 mm 以内 (曲面の曲率半径約 2.5m 以上) であ

184 り、コンクリートシール材の貼り付けによって平滑にできるコンクリート面。
185 b) a)内の曲率や凹凸があってもコンクリートシール用型枠の底面から深さ約1 mm以内には、これより深い局所的
186 な凹部があっても、コンクリートシール材を指で充填したのちにヘラで平滑に貼り付けられるコンクリート面
187 を含む。

188 7.3 試験条件

189 試験条件は、次のとおりである。

190 a) 試験は、原則として環境温度が0℃～40℃の範囲で行う。また、コンクリート表面には凍結の兆候がみられな
191 いこととする。

192 b) 試験箇所は、原則として表面が乾燥したところとする。

193 7.4 試験の準備

194 試験を始めるにあたり、次のとおり準備する。

195 a) 試験面に粉塵など付着している場合は、ウェスなどを用いて乾拭きを実施し、清掃しておく。

196 b) 試験に用いる水は、試験水容器内に入れておく。

197 c) 試験装置は、図2に示すように、二重チャンバーと制御装置をホースにて接続する。

198 7.5 試験手順

199 試験手順は、次のとおりである。

200 a) 試験の準備によって試験装置が正しく構成されていることを確認後、制御装置を起動させ、稼働状態にする。

201 b) 内側チャンバー内に注水後に気泡が溜りやすい高所側となる方向を、水準器を用いて確認後、図3に示すよう
202 に、コンクリートシール用型枠及びヘラを用いてコンクリートシール材を平滑に貼り付ける。

203 c) 二重チャンバーを、空気抜きホース及び空気抜きパイプの先端の方向が、測定面の気泡が溜まりやすい高所側
204 となるように保持する。

205 d) 保持した二重チャンバーのシール材をコンクリートシール材に密着させた後、真空ポンプで外側チャンバー内
206 を低真空まで減圧して二重チャンバーをコンクリート表面に真空吸着させ、真空のゲージ圧力を測定する。

207 e) 構造物の下面及び側面を測定する場合、二重チャンバーの落下を防止する安全のため、内側チャンバー内が確
208 認できるように配慮して、二重チャンバーを粘着テープでコンクリート表面に固定する。

209 f) 真空のゲージ圧力の測定によって二重チャンバーがコンクリート表面に真空吸着したことを確認した直後に、
210 内側チャンバー内に注水を開始して空気を除去し、満水後に試験面に気泡がないこと及び漏水がないことを
211 確認する。注水開始から次の加圧開始までの時間は、27秒とする。

212 g) 内側チャンバー内の水をゲージ圧力55 kPaに加圧し、加圧開始3秒後をゼロ点として試験時間20分までの水量
213 を1秒間隔で測定する。

214 h) 試験終了後に、コンクリート表面のシール材を取除く。

215

216 8 計算

217 水分浸透量は、式(1)によって求める。

$$218 \quad w = w_1 - w_2 \quad (1)$$

219
220 ここで、 w : 水分浸透量 (cm³)

221 w_1 : 試験開始時の水量 (cm³)

222 w_2 : 試験終了時の水量 (cm³)

223

224 9 報告

225 **9.1 必ず報告する項目**

226 必ず報告する項目は、次による。

227 a) 構造物の名称，所在地

228 b) 構造物の概要（竣工年，規模，用途，履歴など）

229 c) 試験日時，天候，環境温度（℃）

230 d) 試験技術者

231 e) 使用装置（試験装置の型番など，内側チャンバーの断面積・容積，日常点検結果など）

232 f) 試験に用いた水の種類（煮沸して脱気した水など）及び水温

233 g) 試験箇所，試験面（構造物の下面・側面・上面，水掛かりの有無，凹凸の有無），範囲

234 h) 試験条件（注水開始から加圧開始までの時間，加圧開始後のゼロ点時間，水圧，測定時間）

235 i) 試験結果（水分浸透量）

236 **9.2 必要に応じて報告する事項**

237 必要に応じて報告する事項は、次による。

238 a) コンクリートの配（調）合，使用材料（セメントの種類など）

239 b) 仕上げ材の有無と種類

240 c) 関連試験結果（コンクリートの含水率，気泡の有無，漏水の有無，外側チャンバー内の真空圧力など）

241 d) その他の事項（定期点検結果など）

242 日本非破壊検査協会規格

243 NDIS 3440-3 : 2023

244
245 **コンクリートの非破壊試験—水分浸透抵抗性試験方法**

246 **第3部 表面透水試験**

247 **解説**

248
249 この解説は、本体に規定した事項、及びこれに関連した事項を説明するもので、規格の一部ではない。

250 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い合わせ先
251 は、一般社団法人日本非破壊検査協会である。

252
253 **1 制定の趣旨及び経緯**

254 コンクリート構造物の劣化進行の多くには水が関与しているため、コンクリート表面から内部への水の透水量
255 (水分浸透量)によって評価される水密性を非破壊試験する手法の開発が求められてきたが、土木学会コンクリ
256 ート標準示方書設計編規定の「水密性の照査」で定められる透水係数を検査する方法が国内で試行されているこ
257 とを背景として、水密性の非破壊試験法(表面透水試験法)を実用化する機運が高まっている。

258 この規格の対象である表面透水試験法は、1992年にR. TorrentによってTorrent法(ダブルチャンバー透気試験
259 法)として提案され、試験装置が2001年から国内で市販(スイスのProceq Ltd, 輸入総代理店:富士物産株式会
260 社)されたダブルチャンバー透気試験機“Torrent(トレント)”を、改良して開発された二重チャンバー加圧透
261 水試験機法兼加圧透気試験機法である。2013年に豊福らによって二重チャンバー加圧透水試験機[1]~[3]が、2015
262 年に二重チャンバー加圧透気試験機[4]が提案され、その後これらを統合して、2015年に二重チャンバー加圧透
263 水・透気試験機(WAPP)[5],[6]として製品化が図られており、試験装置は市販されている。

264 二重チャンバー加圧透水・透気試験機による透水試験法をはじめ、主に国内で検討が進められてきた各種の水
265 分浸透抵抗性試験方法について、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、2016年
266 9月に一般社団法人日本非破壊検査協会において表層透水性・吸水性試験方法研究委員会を組織し、各種の試験
267 方法に関して検討を重ねた。その成果を踏まえ、2020年4月~2021年3月までの期間において、標準化委員会RC
268 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、2021年9
269 月から“コンクリートの試験方法—水分浸透抵抗性試験方法”原案作成委員会を設置して規格原案に関する審議を重
270 ねることによって、この規格を制定するに至った。

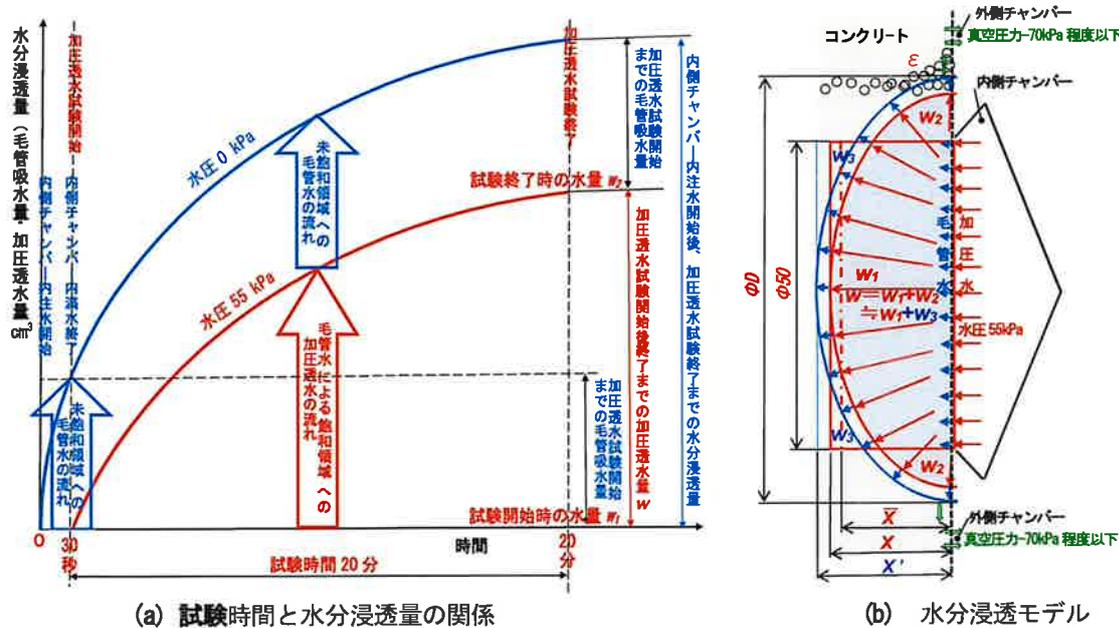
271
272 **2 表面透水試験法の概要**

273 **2.1 表面透水試験法の試験原理**

274 表面透水試験である二重チャンバー加圧透水・透気試験機による透水試験は、コンクリート表面にコンクリ
275 ートシール材を貼付けることによって、二重チャンバー(外径140mm)を外側チャンバー(内径87mm, 外径

276 123mm) の減圧力によって完全に密着・真空吸着させ、内側チャンバー（外径 50mm）内の加圧透水量を実際の
 277 空隙率に応じて漏水なしに測定することによって、適正に透水性を非破壊試験できるようにしたものである
 278 [1]~[6]。

279 表面透水試験法における水分浸透量（加圧透水量）は、二重チャンバーの密着・真空吸着後、内側チャンバー
 280 内を脱気水を用いて気泡なしに満水後（27 秒間）、加圧開始 3 秒後から測定開始し 20 分間で終了する。透水の流れ
 281 （浸透流）は、注水開始から測定開始までの時間内（30 秒間）に「未飽和領域への毛管水の流れ」が生じて飽
 282 和度を高め[7]満水後、加圧透水時間内に「毛管水による飽和領域への加圧水の流れ（流れの中央部では、ダルシ
 283 ー浸透流の先端に毛管浸透流が存在する一次元流れ）[8]」が生じるものである（解説図 1）。



(a) 試験時間と水分浸透量の関係 (b) 水分浸透モデル
 解説図 1 表面透水試験における水分浸透モデルの概念[11]

2.2 表面透水試験法（二重チャンバー加圧透水・透気試験機法）の特徴

302 土木学会コンクリート標準示方書 [設計編 (2017 年制定)] [9]において、コンクリートの水密性に対する照査
 303 は、透水量によって行われ、ダルシー則を用いて DIN 1048 の方法（インプット法）による透水試験から求めた透
 304 水係数に基づいて評価されること、水セメント比 W/C と透水係数 K_K の関係式 $\log K_K = 4.3 \cdot W/C - 12.5$ が用いられる
 305 ことが規定されている。また、耐久性に対しては、同書 [施工編 (2017 年制定)] [9]で最大水セメント比が規定
 306 されていることから、逆に、水セメント比を透水係数（透水量）から求める換算式が定められると、これを用い
 307 て“換算水セメント比”が求められ、水密性、耐久性の品質管理が実現することになる。

308 表面透水試験法における水分浸透量（透水量） w は、DIN 1048 Part 5 [10]が割裂して求める最大透水深さを、非
 309 破壊試験によって求めることを可能としており（4.4の解説図 4(b)）、水分浸透量（透水量） w から表層の透水係数
 310 を求めることが実現している。したがって、水分浸透量（透水量） w は、レディーミクストコンクリートを用い
 311 て配合・材齢・養生条件を変化させて製作した柱部材・床部材によって測定された測定値が、水セメント比（生
 312 産者に指定した値） W/C との相関が高く（解説図 2）、水セメント比を透水係数（透水量）から求める換算式が
 313 定められ、これを用いて“換算水セメント比”が求められことが示されている。さらに、中性化速度係数 α 、
 314 コア圧縮強度（ $\phi 10 \text{ cm} \times 20 \text{ cm}$ コア） f_c などとも相関が高い（解説図 3）ことから、水分浸透量及び表層透水係数

315 による水密性・耐久性の品質管理法及び予防保全診断法が提案されるに至っている[11]~[18].

316

317

318

319

320

321

322

323

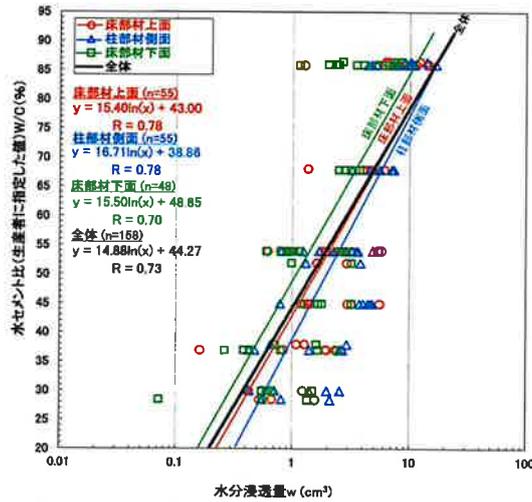
324

325

326

327

328



329 **解説図 2** 水分浸透量 w と水セメント比(生産者に指定した値) W/C の関係(材齢 4 週~9 年,
330 床部材上面・下面と柱部材側面の W/C は同一) [12], [15], [16] を修正

331

332

333

334

335

336

337

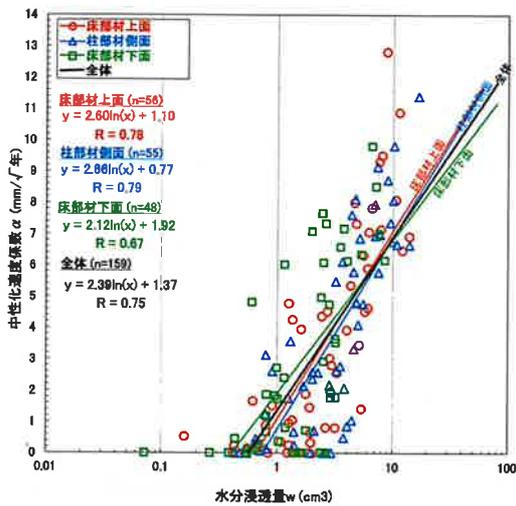
338

339

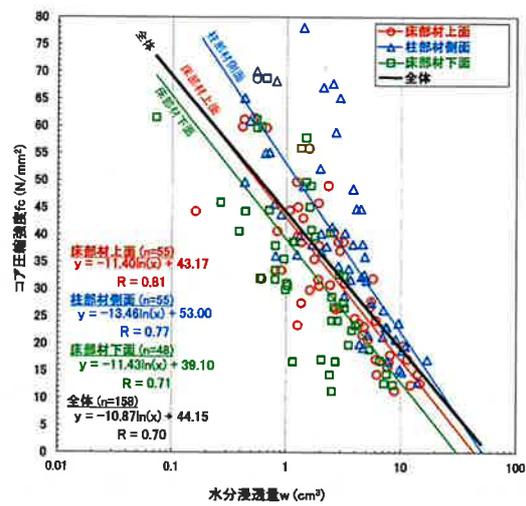
340

341

342



343 **(a)** 水分浸透量 w と中性化速度係数 α



344 **(b)** 水分浸透量 w とコア圧縮強度 f_c
345 (床部材上面・下面の f_c は同一)

346 **解説図 3** 水分浸透量 w と中性化速度係数 α 及びコア圧縮強度 f_c の関係(材齢 4 週~9 年, $\phi 10 \times 20$ cm
347 コア) [12], [15], [16] を修正

348

349 3 審議中に特に問題となった事項

350

351 3.1 外側チャンバーの真空の圧力が水分浸透量に及ぼす影響及びこの圧力を測定する理由[7.5 e)・e)]

352

353 外側チャンバーの真空の圧力が水分浸透量に及ぼす影響及びこの圧力を測定する理由が、問題となった。内側
354 チャンバーと外側チャンバーとの間隔は 18.5mm (図 2(b)参照, 面積比は 3.02 倍) であり, 外側チャンバー内の圧
355 力は, 大気圧(絶対圧力 101.325 kPa, ゲージ圧力 0 Pa) から低真空(絶対圧力 100 kPa~100 Pa) にするため低真空
356 ポンプで排気した場合に, 緻密で空隙率が小さい高品質コンクリートの場合ゲージ圧力-80 kPa 程度であるが, 緻

353 密さに欠ける空隙率が大きい低品質コンクリートの場合ゲージ圧力-70 kPa 程度となれば、二重チャンバーがコン
354 クリート表面に真空吸着しており、この圧力は表面が緻密であるほど低くなる。外側チャンバー内の真空の圧力
355 は、表層コンクリートの透気性の影響を受けるため一定圧力とならないのであり、内側チャンバーの加圧水の流
356 れにも影響を及ぼす。このように、外側チャンバーは、二重チャンバーをコンクリート表面に真空密着させるこ
357 とのみならず、表層部の水分浸透抵抗性及び緻密性を評価するように機能していることから、①外側チャンバー
358 の真空の圧力は測定することとし、②内側チャンバー内への注水開始は“真空のゲージ圧力の測定によって二重
359 チャンバーがコンクリート表面に密着したことを確認した直後”とした。

360 3.2 注水開始から加圧開始までの時間を 27 秒とした理由[7.5 e]

361 この試験方法における注水開始から次の加圧開始までの時間は、27 秒とする理由が問題となった。この試験方
362 法では、内側チャンバー内に注水を開始して空気を除去し、満水後に試験面に気泡がないこと及び漏水がないこ
363 とを確認する必要があるが、これに要する時間は試験装置の性能、試験箇所、コンクリート面の凹凸などの試験
364 条件によって変動する。一方、注水を開始してから加圧開始までの間もコンクリートへ脱気水が浸透することに
365 より未飽和領域への毛管水の流れが生じて飽和度を高める方法に該当している[7]が、その影響が一定となるよう
366 に、この間の時間を最短時間に定めることが不可欠である。そこで、注水開始から加圧開始までの時間を確認し
367 た結果、27 秒が標準であったことからこの時間に定めた。

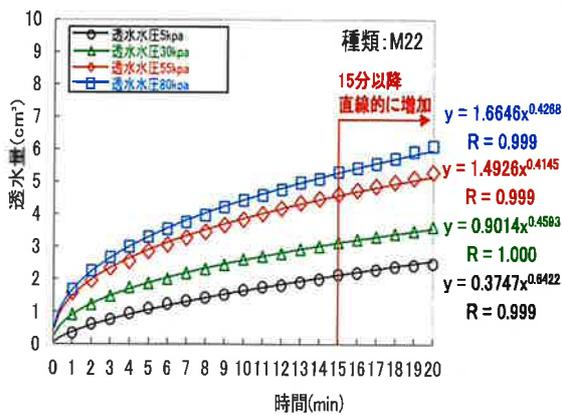
368 3.3 水分浸透量の測定を加圧開始 3 秒後からとした理由[7.5 f]

369 この試験方法における水分浸透量 w の測定を、加圧開始 3 秒後からとする理由が問題となった。この試験方法
370 では、コンクリート表面に貼りつけた保湿性粘土製のコンクリートシール材と極軟質ゴム製のシール材とを弾性
371 的に密着させて、外側チャンバー内を低真空にすることによって二重チャンバーをコンクリートに真空吸着させ
372 ている。次に、水分浸透量の測定は、内側チャンバー内を満水直後に 55 kPa に加圧開始すると、この水圧で内側
373 チャンバー内の容積が急変動するため、結果として試験開始時の水量 W_1 が急変動して測定される。そこで、この
374 変動が終わり内側チャンバー内の容積が一定となるまでの最短時間を確認した結果、加圧開始 3 秒後であったこ
375 とからこの時間に定めた。

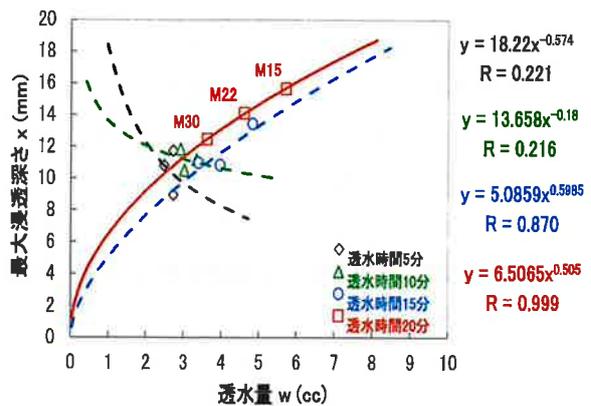
376 3.4 内側チャンバー内の水圧を 55 kPa、水分浸透量の測定時間を 20 分間とした理由[7.5 g]

377 この試験方法における加圧水の流れ（浸透流）の水圧 P_0 ・測定時間（透水時間） t が、問題となった。そこで、
378 モルタル供試体の種類毎に、加圧水の水圧・加圧方向と水分浸透量（透水量）との関係、水分浸透量（透水量）
379 と最大浸透深さとの関係が確認された。試験結果（解説図 4 など）から、水分浸透量（透水量）は、測定方向の
380 影響は認められず、測定時間が長く、透水水圧が大きく、供試体の品質が低強度であるほど、大きくなる相関が認められた
381 [2], [3], [12]~[14]。特に、測定時間 t と水分浸透量（透水量） w との関係（同図 (a)）は、累乗式関係にあり、供試体表面の近
382 傍部ほど、空隙率 ε が大きいため水分浸透量（透水量）が急増（非定常流）するが、1 分程度で漸増し 15 分程度以降ほぼ直線
383 的な増加（定常流）となっており、最大浸透深さ x 付近の中央部ではダルシー則が成り立つ層流状態になっている。以上から、
384 水分浸透量（透水量） w と最大浸透深さ x との関係（同図 (b)）は、加圧水の水圧 $P_0=55$ kPa で測定時間 $t=20$ 分の場合に相関が
385 最大であり、 x が w から関係式 $x=6.5065w^{0.505}$ によって求められることが示されており、本試験法における加圧水の水圧 P_0 を 55
386 kPa、測定時間 t を 20 分間とした。

387
388
389
390
391
392
393
394
395
396
397
398
399
400
401
402
403
404
405
406
407
408
409
410
411
412
413
414
415
416
417
418
419
420
421
422
423
424



(a) 測定時間と透水量 (透水水圧別, 材齢 3 年の M22, 方向 -90・0・90° 平均)



(b) 透水量と最大浸透深さ (透水時間別, 加圧水の圧力 55 kPa, 材齢 3 年の M15・M22・M30, 方向 -90・0・90° 平均)

解説図 4 測定時間と水分浸透量 (透水量), 水分浸透量 (透水量) と最大浸透深さとの関係 (Φ15×4cm モルタルの上面, 温度 20°C・湿度 60%の恒温室で養生) [2], [3], [12]~[14]

4 特許権などに関する情報

この規格に適合した器具に関して, 特許権[19]が存在している。現在市販されている製品は特許権の実施を許諾された業者により製造, 販売されている。

5 規定項目の内容

5.1 水[5.5]

表面透水試験に用いる水は, 汲んだ直後の水道水は内部に大量の気泡を含むため, 汲み置いた水道水, 蒸留水, 脱気水のいずれを用いるかが審議された。この試験では, コンクリートの試験面に満水後に気泡なし及び水分浸透抵抗性に影響なしであるように, 空気の混入を避けることが望ましいと考えられるが, 溶存空気の影響などを検証した事例はない。一方, JIS A 1218 土の透水試験方法[7]の 5.3 供試体の飽和度を高めるための方法では, コンクリートのように透水係数が $100 \times 10^{-10} \text{m/s}$ 程度以下で透水性が非常に低い粘土混合土の場合に脱気水を用いる規定がされていることを考慮して, この試験に用いる水についても脱気水 (水道水を 30 分以上沸騰後冷却, 又は蒸留水を真空ポンプで減圧してつくる) と規定した。水温については, 常温程度に調整することとし, 環境温度との差が試験中の装置の熱膨張等に影響を与えると考えられるため, 環境温度との差が 5°C 以下となるように規定した。

5.2 環境温度[7.3a), 7.3b)]

試験は, 原則として環境温度が 0°C~40°C 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測定に左右されることを考慮すると, 適切な測定結果が得られない可能性も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。コンクリートの凍結による水分浸透量に影響を与えることが懸念されることから, 試験にあたっては, 凍結していないことを確認することとした。

参考文献

- 425 [1] 豊福俊泰・彌永育代・中山慎也・龍幸廣：ダブルチャンバー透気性試験法・透水性試験法・水分計法・反発度
426 法・エコーチップ法によるかぶりコンクリートの品質診断法の開発，平成 25 年度土木学会西部支部技術発表会
427 論文集，pp31-36，2013.11
- 428 [2] Toshiyasu Toyofuku, Tosao Hosokawa, Takenori Nagamatsu, Nonko Takahashi : Technical Development of Nondestructive Inspection
429 Method of Cover Concrete Using Water Permeability Tester, International Conference on the Regeneration and Conservation of Concrete
430 Structure (RCCS), FF0063, 2015.6.1-3
- 431 [3] 豊福俊泰・高橋典子・永松武則・細川土佐男：ダブルチャンバー透気性試験・ダブルチャンバー透水性試験に
432 よる表層コンクリートの非破壊検査法の技術開発，コンクリート工学年次論文集，Vol37, No.1, pp.1801-1806,
433 2015.6
- 434 [4] 豊福俊泰・春日井俊博・松尾栄治・永松武則・高橋典子：ダブルチャンバー透水性試験・透気性試験による表
435 層コンクリートの非破壊検査法の開発，日本非破壊検査協会，コンクリート構造物の非破壊検査シンポジウム
436 論文集 (Vol5)，pp277-282，2015.8.7
- 437 [5] 豊福俊泰，春日井俊博，細川土佐男・永松武則・高橋典子，松尾栄治：ダブルチャンバー透水性・透気性試験機
438 の製品化，日本非破壊検査協会，平成27年度秋季講演大会講演概要集，pp203-204，2015.10
- 439 [6] 豊福俊泰・藤原貴央・峰村富夫・高橋典子・永松武則・細川土佐男：ダブルチャンバー法による透気係数・透
440 水係数等の現地検査製品，日本非破壊検査協会，平成 28 年度秋季講演大会講演概要集，pp. 145-146，2016. 10
- 441 [7] JISA1218 土の透水試験方法，2020
- 442 [8] 伊藤義也，越川茂雄：ダルシー浸透流によるコンクリートの透水試験方法の提案，コンクリート工学年次論
443 文集，Vol.18, No.1, pp.921-926，1996
- 444 [9] 土木学会：コンクリート標準示方書 [設計編 (2017 年制定)]・[施工編 (2017 年制定)]・[維持管理編 (2018
445 年制定)]，2018
- 446 [10] DIN 1048 Part 5 : Testing concrete, Testing of hardened concrete (specimens prepared in mould), June 1991
- 447 [11] 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ンクリート
448 の非破壊検査法に関する研究，日本コンクリート工学会，コンクリート工学年次論文集 2016, Vol.38, No.1, 2016
- 449 [12] 豊福俊泰，永松武則，峰村富夫，添田政司：ダブルチャンバー式加圧透水試験機による表層コンクリートの水
450 密性と耐久性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.140, No.1, [1281]pp.1719-1724,
451 2018.7
- 452 [13] 豊福俊泰，峰村富夫，野中英：ダブルチャンバー式加圧透水・透気試験機 (WAPP) 法による高耐久性コンク
453 リートの水密性の非破壊検査報告，日本非破壊検査協会，コンクリート構造物の非破壊検査シンポジウム論文集
454 (Vol.6)，pp.165-170，2018.8
- 455 [14] 豊福俊泰，藤岡靖，緒方辰男：高速道路における橋梁RC床版の水による疲労・劣化の原因とその非破壊検査
456 法に関する研究，土木学会第 10 回道路橋床版シンポジウム論文報告集，pp.123-128，2018.11
- 457 [15] 豊福俊泰，藤岡靖，永松武則，峰村富夫：ダブルチャンバー式加圧透水・透気試験機 (WAPP) による表層コ
458 ンクリートの施工品質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.42, No.1, pp.1540-1545,
459 2020.7
- 460 [16] 豊福俊泰，藤岡靖，平井圭，野中英，後藤佳子：ダブルチャンバー加圧透水・透気試験機 (WAPP) による既
461 設コンクリート構造物の予防保全診断法に関する研究，日本コンクリート工学会，既設コンクリート構造物の
462 予防保全を目的とした調査・診断・補修に関する研究委員会報告書・論文集，pp.281-288，2021.3

- 463 [17] 豊福俊泰, 水摩陵, 浅野隆史: ダブルチャンバー加圧透水・透気試験機 (WAPP) 等による水路構造物コンク
464 リートの予防保全診断事例, コンクリート工学年次論文集, Vol.43, No.1, pp.1283-1288, 2021.7
- 465 [18] 豊福俊泰, 峰村富夫, 藤原貴央, 水摩陵: P 値 (WAPP 法) によるコンクリート構造物の水密性・耐久性の品
466 質管理法及び予防保全診断法, 日本非破壊検査協会, 2021 年度秋季講演大会講演概要集, pp.67-70, 2021.11
- 467 [19] 特許第 5611417 号, 発明の名称: コンクリート構造物の透水性試験に基づく品質評価方法, 特許権者: 学校法
468 人中村産業学園, 発明者: 豊福俊泰・白川敏夫・彌永育代, 出願番号: 特願 2013-110971, 出願日: 2013 年 5 月
469 27 日, 登録日: 2014 年 9 月 12 日
- 470