

簡易透気試験方法に関する実験的検討

－削孔間隔および真空度－

日本生産工(院) ○野中 英 日大生産工 湯浅 昇

1. はじめに

構造体コンクリートの透気性は、中性化速度と密接な関係があり、透気性の試験により耐久性の評価を行うことの検討が多くなされている。当研究室では、構造体コンクリートの透気性を評価する方法として、J. W. Figg の発想に基づいた簡易透気試験を整理・発展させてきた^{1)~3)}。一方で、簡易透気試験は整理・発展の課程で、骨材の影響や他試験方法（セメント量の推定、中性化深さの測定、塩化物量の測定）との併用を考慮して、削孔の間隔・深さ・径、真空度などを変化させてきた。

本報告では、測定する真空度の範囲および削孔間隔を変化させた場合の簡易透気速度の違いを測定した結果により、簡易透気試験方法に関する仕様を検討した。

2. 実験概要

2.1 検討項目および概要

本研究では、真空度の影響 3 ケースおよび削孔間隔 2 ケースについて検討した。表 1 に、検討項目および概要を示す。

2.2 試験体およびコンクリートの調合

試験体の寸法は、500×500×150mm とし、500×500mm の面を試験面として使用した。試験面以外の 4 面は、乾燥の影響を受けないようにエポキシ樹脂を塗布した。コンクリートの調合は、水セメント比 50% の 1 種類とした。表 2 に、使用したコンクリートの調合および使用材料を

表 1 検討項目および概要

検討項目	概要
真空度	① 6.7～40.0kPa(50～300mmHg)まで、6.7kPa(50mmHg)ごとに真空度が低下する時間を計測する
	② 21.3kPa(160mmHg)を起点として、1.3, 4.0, 6.7, 13.3, 20.0kPa (10, 30, 50, 100, 150mmHg)真空度が低下する時間を測定
	③ 21.3～25.3kPa(160～190mmHg)の中央値である 23.3kPa (175mmHg)を中心として、1.3, 4.0, 6.7, 13.3, 20.0kPa (10, 30, 50, 100, 150mmHg)真空度が低下する時間を測定
削孔間隔	① 試験面の中心から 100, 50, 25mm の削孔間隔で測定
	② 上記で隣接する削孔の影響がある場合には、隣接する削孔にシリコン栓を施して測定

表 2 コンクリートの調合および使用材料

W/C (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m ³)							空気量 (%)	スランプ (cm)	圧縮強度 (N/mm ²)
		W	C	S1	S2	G	Ad1	Ad2			
50	47.5	180	360	408	408	902	3.70	1.11	5.8	19.5	34.6
【使用材料】											
セメント：C、普通ポルトランドセメント（密度 3.15g/cm ³ ）											
細骨材：S1、つくば市田中産川砂（密度 2.50g/cm ³ ）											
S2、つくば市田中産砕砂（密度 2.59g/cm ³ ）											
粗骨材：G、つくば市田中産砕石（密度 2.66g/cm ³ 、Gmax=20mm）											
混和剤：Ad1、P 社製 AE 減水剤（4 倍希釈液）、Ad2：P 社製 AE 剤（100 倍希釈液）											

Experimental Study on Rapid Testing Method for Air Permeability
－Drilled Hole and Degree of Vacuum－

Akira NONAKA and Noboru YUASA

示す。

2.3 コンクリートの養生

コンクリートは、打設後脱型・養生開始材齢まで 20℃、60%RH の恒温恒湿室内で型枠内に静置した。このとき、打設面はビニールで封緘し乾燥を防止した。試験体 1 は、材齢 1 日で型枠を取り外した後乾燥を開始し、試験体 2 は材齢 28 日まで封緘養生後乾燥を開始した。乾燥開始後の養生は、20℃、60%RH の恒温恒湿室で 5 ヶ月間静置した後、60℃の乾燥室内で 7 日間乾燥後、室内大気中で 2 ヶ月養生したものを試験体とした。

2.4 試験方法

簡易透気試験は、図 1 および写真 1 に示すようにコンクリートを振動ドリルで削孔した、直径 10mm、深さ 50mm の孔および装置を用いて実施するものである。測定は、シリコン栓により密封した削孔内部を減圧した後、孔の周壁から空気の流入により真空度が X_1 kPa から X_2 kPa に低下する時間 (T) を計測した。このとき、低下した真空度 ($X_2 - X_1$) kPa を時間 (t) で割った値を

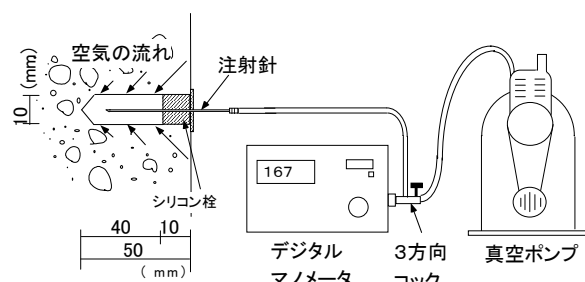


図 1 簡易透気試験装置

簡易透気速度と呼び、透気性の指標とした。

このとき、 X_1 および X_2 は、真空度の検討では表 1 および図 2 に示す値を、削孔間隔の検討では X_1 を 21.3kPa、 X_2 を 25.3kPa（このとき真空度の低下時間が 10 秒以下の場合には、 X_1 を 13.3kPa、 X_2 を 33.3kPa）として測定した。

測定位置は、写真 2 に示すように真空度および削孔間隔ともに、試験面の中心から格子状に



写真 1 簡易透気試験測定状況

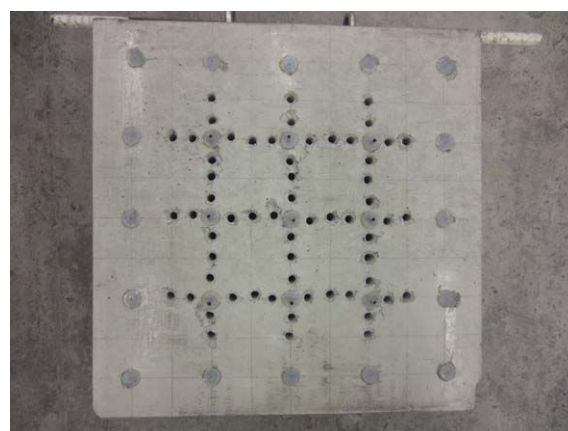


写真 2 削孔の状況

真空度 kPa	6.7	13.3	20.0	26.7	33.3	40.0
① 6.7～40.0kPa の間で 6.7kPa ごとに時間を測定	6.7	6.7	6.7	6.7	6.7	
② 21.3kPa を起点として、1.3, 4.0, 6.7, 13.3, 20.0kPa 真空度が低下する時間を測定			21.3 1.3 22.7 4.0 25.3 6.7 28.0 13.3 34.7 20.0 41.3			
③ 23.3kPa を中心として、1.3, 4.0, 6.7, 13.3, 20.0kPa 真空度が低下する時間を測定			175 22.7 1.3 4.0 29.5 21.3 6.7 25.3 20.0 13.3 26.7 30.0 33.3 16.7 20.0			

図 2 ケース毎の真空度の測定範囲 (図中の数字は真空度 kPa を示す)

100mm 離れた 9 点(写真 2 の中央部のシリコン栓が施されている部分)とした。また、削孔の影響では、測定点から十字状に 50mm、25mm 離れた位置で削孔した。

3. 実験結果及び考察

3.1 測定する真空度の範囲

表 3 に、繰り返し測定および試験装置の違いによる簡易透気速度を示す。繰り返し測定は、1 回目の測定後 1 時間程度経過した後に 2 回目を測定し、その影響を検討したものである。その結果、1 回目と 2 回目にはほぼ違いは認められなかった。このことから、ある程度の時間が経過した後に同一の削孔で試験を行った場合にも測定による影響が小さいことを確認した。

図 2 に、真空度が 6.7kPa から 40.0kPa まで低下する間に 6.7kPa ごとに真空度の低下時間を求めたときの測定した真空度の中央値と簡易透気速度の関係を示す。簡易透気速度は、試験体 1 および試験体 2 ともに測定した真空度の中央値が大きくなるとともに小さくなる傾向を示した。

図 3 に、真空度 21.3kPa を起点として 1.3kPa、4.0kPa、6.7kPa、13.3kPa、20.0kPa 真空度が低下する時間を求めたときの真空度の低下量と簡易透気速度の関係を示す。計測開始を一定として真空度の低下量を変化させた場合の簡易透気速度は、真空度の低下量が大きくなるのに伴い簡易透気速度は小さくなる傾向が認められた。また、真空度の低下量が 1.3kPa のときには、4.0kPa 以上と比べ簡易透気速度のばらつきが大きくなった。これは、図 2 に示した真空度の中央値が大きくなる影響とともに、測定時間が 10 秒以下と短くなったことによる測定誤差の影響と考えられる。

表 3 繰り返し測定および試験装置の違いによる簡易透気速度

	測定装置 A		測定装置 B
	1 回目	2 回目	1 回目
簡易透気速度(kPa/s)	1.8	1.9	2.1

図 4 に、21.3kPa から 25.3kPa の中央値であ

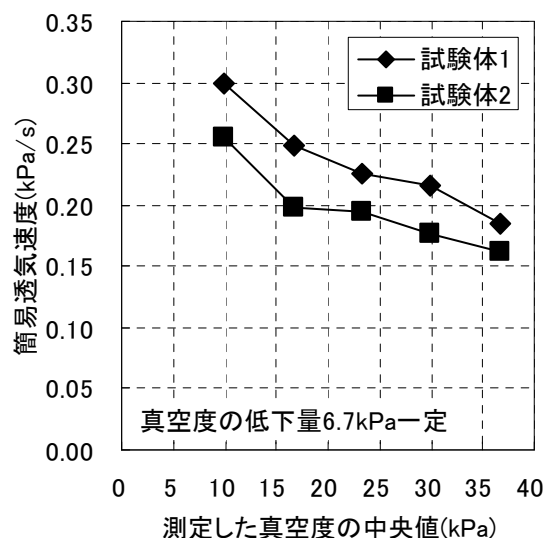


図 2 測定した真空度の中央値と簡易透気

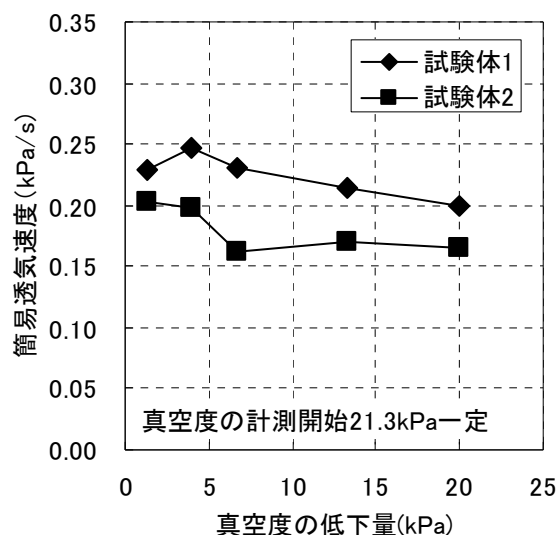


図 3 簡易透気試験装置

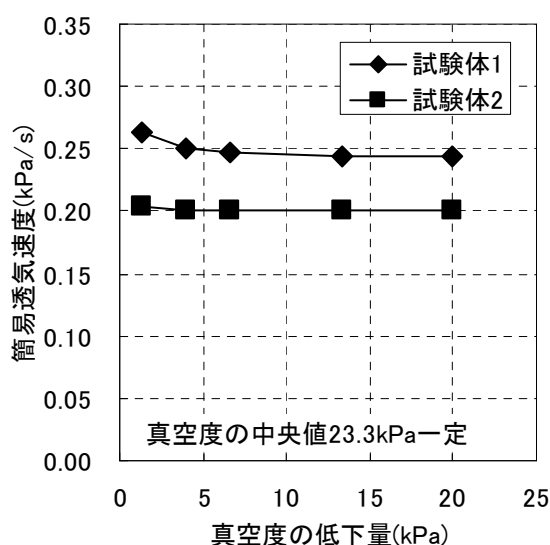


図 4 簡易透気試験装置

表 4 真空度の低下量毎の測定時間と簡易透気速度の関係

真空度の低下量(kPa)	1.3	4.0	20.0	簡易透気速度(kPa/s)
測定時間(s)	0.67	2.0	10.0	2.00
	1.67	5.0	25.0	1.25
	3.33	10.0	50.0	0.40
	10.0	30.0	150	0.13
	20.0	60.0	180	0.065
	60.0	180	900	0.022
	100	300	1500	0.013

る 23.3kPa を中心として、1.3kPa、4.0kPa、6.7kPa、13.3kPa、20.0kPa 真空度が低下する時間求めたときの真空度の低下量と簡易透気速度の関係を示す。真空度の中央値を 22.3kPa としたときの簡易透気速度は、試験体 1 の真空度の低下量 1.3kPa のときに若干大きくなるが、それ以外では真空度の低下量による影響は少ない。

真空度は、1つの水セメント比の結果ではあるが、測定する真空度が高いほど簡易透気速度は大きくなり、測定時の真空度の中央値が同一の場合には、真空度の低下量に関わらず簡易透気速度はほぼ一定の値となった。真空度の低下量毎の測定時間を簡易透気速度の関係を示すと表 4 のようになり、簡易透気速度が 0.022kPa/s と小さいとき真空度の低下量が 4.0kPa とすると測定時間が 180 秒(3 分)×4 回＝720 秒(12 分)となり、n=4 とした場合には 1 測定箇所 で 48 分かかってしまう。既往の研究では、真空度の低下量を 1.3kPa とした場合には、ばらつきが大きくなるとの報告もあるが、簡易透気速度が 0.1kPa/s 以下と密実なコンクリートであることを考えると、10%程度の誤差は許容でき、真空度の低下量が 4.0kPa の時の測定時間が 180 秒を超える場合には、真空度の低下量を 1.3kPa として測定してもよいと考える。

3.2 削孔間隔

図 5 に、削孔間隔と簡易透気速度の関係を示す。簡易透気速度は、削孔間隔 50mm および 100mm では違いがほとんど認められず(隣接削孔による影響はなく)、削孔間隔 25mm では大きくなる

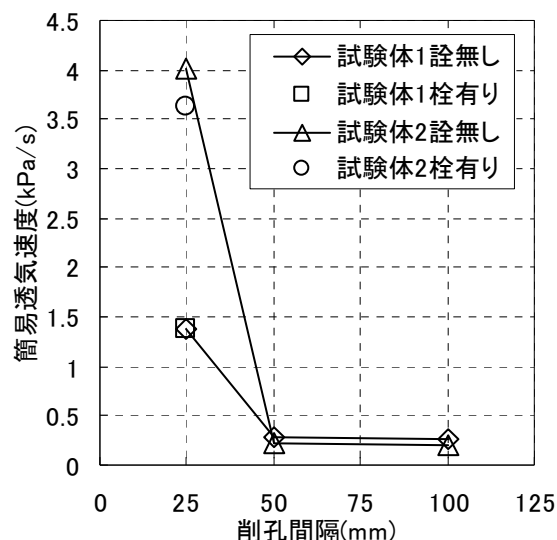


図 5 削孔間隔と簡易透気速度の関係

(隣接削孔の影響を受ける)傾向を示した。削孔間隔 25mm では、写真 2 に示す削孔状況からもわかるように、削孔時に骨材の影響により正確な位置で削孔ができていない。そのため、標準偏差は、削孔間隔 100mm で 0.087、削孔間隔 50mm で 0.088 とほぼ同一であるのに対し、削孔間隔 25mm で 0.961 と約 10 倍の値となった。これは、骨材の界面や微細なひび割れ等により隣接する削孔の影響を受けたためと考えられる。

4. まとめ

簡易透気試験方法の検討として、真空度と削孔間隔について検討を行った。本研究により得られた知見を以下に示す。

- (1)真空度は、測定する真空度が高いほど簡易透気速度は大きくなり、測定時の真空度の中央値が同一の場合には、真空度の低下量に関わらず簡易透気速度は一定値となった。
- (2)削孔間隔 50mm および 100mm で簡易透気速度に違いが認められなかったが、削孔間隔 25mm では隣接する削孔の影響を受けた。

【参考文献】

- 1) 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・コンクリート, No. 559, pp. 20-28, 1993. 9
- 2) 笠井芳夫, 松井勇, 湯浅昇, 野中英: 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(その 1)～(その 2), 日本建築学会大会学術講演梗概集 A-1, pp. 669-702, 1991
- 3) 笠井芳夫, 松井勇, 蒲原博行: コンクリートの簡易透気試験方法, 第 5 回コンクリート工学年次講演会公演論文集, pp. 57-60, 1983