

[15] コンクリートの簡易透気性試験方法

正会員 笠井 芳夫 (日本大学生産工学部)
 正会員 ○松井 勇 (日本大学生産工学部)
 蒲原 博行 (日本大学大学院)

1. まえがき

コンクリートの中性化は、透気性と密接な関係を有している。既に、コンクリート供試体による透気性の試験^{1)~3)}は、2~3報告されているが、これらの試験から得られた透気係数は、構造体コンクリートの透気性と比べかなり小さいと言われている。これは、構造体コンクリートの締め固めや養生不足などによるものと思われる。そこで、構造体に打込まれたコンクリートの透気性を明らかにすることは、構造体コンクリートの耐久性を評価するために有効である。

筆者らは、構造体コンクリートの簡易透気性試験装置を試作し、モルタル供試体を用いて、種々検討してきたが、ここでは、コンクリートを対象として、本試験方法の検討およびコンクリートの調合、養生方法、高さ方向の差異などが透気性におよぼす影響を試験した。

2. 構造体コンクリートの簡易透気性試験方法

2.1 簡易透気性試験装置

構造体コンクリートの簡易透気性試験装置を図-1に示す。この装置は、ハンドバキュームポンプ(真空度2.5 mmHg)、U字型真空計(測定範囲1~180 mmHg)、静脈注射針、電気ドリル、ゴム栓、ストップウォッチから構成されている。

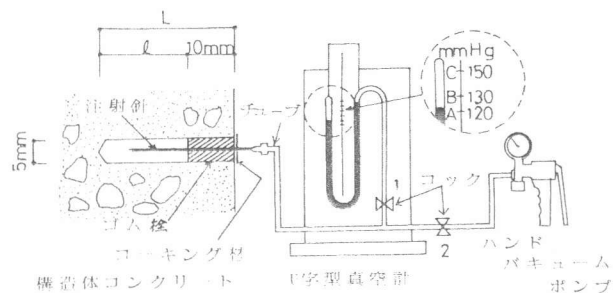


図-1 簡易透気性試験装置

2.2 試験方法

試験方法の手順を以下に示す。

- (1) 構造体コンクリートに直径5 mmの所定深さの穴を電気ドリルであけ、穴の内部に残ったコンクリート粉を取去る。
- (2) この穴に直径5 mm、長さ10 mmのゴム栓で栓をし、ゴム栓とコンクリートの接触面から空気が漏れないようにコーキング材を用いて、シールする。
- (3) このゴム栓の中央部に注射針がゴム栓を貫通するまで差込む。このとき、注射針の穴にゴムが詰まることがあるので、細い針金を注射針の穴に貫通させて、詰まっているゴムを排除する。
- (4) この注射針にチューブを差込んで取り付け、コック1および2を開いた状態でハンドバキュームポンプを用いて、コンクリートにあけた穴の内部の空気を抜き取り、真空計の水銀柱が120 mmHgを指したら、コック2を閉じる。
- (5) するとコンクリート内部の空気が穴に集まり、穴の内部の真空度が減少するため、真空計の水銀柱が上昇してくる。このとき、水銀柱が130 mmHgから150 mmHgまでの20 mmHg上昇する時間をストップウォッチで計る。
- (6) 構造体コンクリートの簡易透気速度は(1)式によって求める。

$$k = \frac{20 \text{ mmHg}}{T} \dots\dots (1) \quad \text{ここで、} k : \text{構造体コンクリートの簡易透気速度 (mmHg/sec)}$$

T : 真空計の水銀柱が20 mmHg 上昇する時間 (sec)

(7) 一つの穴について、(4)～(6)の操作を4回行ない、4回の平均値で示す。

2.3 供試体

供試体は、戸田建設(株)技術開発センターにおいて昭和53年に製作し、日本建築学会大会学術講演会に於て発表されたもので、その調合および養生方法を表-1に示す。供試体の形状寸法は、1辺の長さが1000mmの立方体である。これらの供試体の簡易透気性は、昭和57年12月～昭和58年1月に試験した。

2.4 試験項目および方法

(1) 穴の深さの影響

穴の深さは、同一の穴について、最初に20mm、次に40mm、更に60mmと順次深くさく孔して試験した。この穴に長さ10mmのゴム栓をするため、穴の実質深さは、それぞれ、10、30、50mmとなる(図-1参照)。この試験は、供試体B(A養生)を用いた。測定箇所を図-2に示す。

(2) 穴の数および間隔の影響

試験を行なう穴(●)の間隔を表-2に示すように1～4個の穴(○)をあけた。これらの穴と試験を行なう穴との間隔(ℓ)を5、10、15、25、40mmと変えた。また表-2(4)に示す4個の穴を明けた場合について、これらの4個の穴にゴム栓をした場合についても試験した。これらの穴の深さは60mmである。この試験は供試体B、F(いずれもA養生)を用い、試験した箇所は打設面から300mm下がったところである。

(3) 高さ方向の影響

供試体の高さ方向の影響を明らかにするため、図-2に示す位置(一面につき15箇所)を2面測定した。このときの穴の深さは40mmで、供試体はA～Fを用いた。

(4) 中性化試験および含水率試験

簡易透気性試験を行なった近くをはつり、中性化試験を行った。試験した箇所は打設面から100、500、900mmとした。含水率ははつり取ったコンクリート片を用いて試験した。

3. 結果および考察

(1) 測定値のバラツキ

簡易透気性試験結果を表-3に例示する。U字型真空計の水銀柱が20mmHg上昇する時間は、打設面から下

表-1 供試体の種類

記号	調合		養生方法	打設時期 昭・年・月・日
	W(%)	Sℓ(cm)		
A	65	21	打設後 8日即	53・2・16
B	55	21	覆わく申養生、	2・23
C	55	15	以後、材令28日	3・2
D	45	15	まで未申養生、其	3・9
E	55	21	の後、屋内養生	8・9
F	55	15	WおよびA	8・21

※ W: 材令2日まで覆わく申以後材令28日まで現場水中養生、その後屋内養生
A: 材令2日まで覆わく申以後屋内養生

表-2 穴の数および間隔の影響

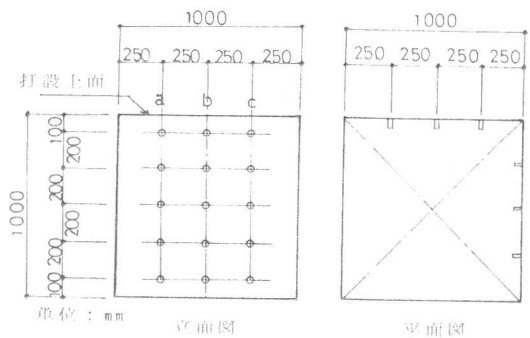
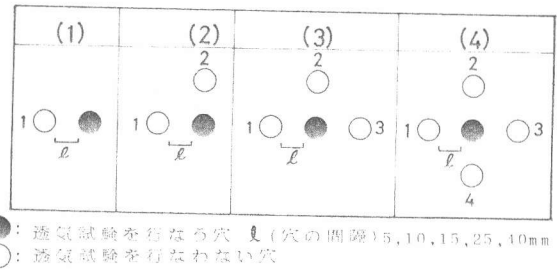


図-2 簡易透気性試験箇所

表-3 試験結果の一例(供試体:Aの場合)

打設面からの距離(mm)	測定箇所	測定項目	測定回数				平均	標準偏差	変動係数(%)
			1	2	3	4			
100	a	T(sec)	1.16	1.26	1.53	1.03	16.4	0.430	2.64
		k(mmHg/s)	17.2	15.9	13.1	19.4			
	b	T(sec)	1.01	1.88	1.32	1.01			
		k(mmHg/s)	19.8	10.6	15.2	19.8			
	c	T(sec)	1.05	1.11	1.01	1.21			
		k(mmHg/s)	19.0	17.5	19.8	16.5			
500	a	T(sec)	3.90	3.93	3.90	4.20	5.03	0.104	2.06
		k(mmHg/s)	5.13	5.09	5.13	4.76			
	b	T(sec)	4.38	4.95	5.16	4.97			
		k(mmHg/s)	4.57	4.01	3.88	4.02			
	c	T(sec)	4.32	4.69	4.96	4.86			
		k(mmHg/s)	4.63	4.26	4.03	4.12			
900	a	T(sec)	5.55	6.30	6.18	5.98	5.10	0.065	2.09
		k(mmHg/s)	3.60	3.17	3.21	3.31			
	b	T(sec)	6.18	6.34	6.58	6.69			
		k(mmHg/s)	3.24	3.15	3.04	2.99			
	c	T(sec)	5.43	6.24	6.62	6.24			
		k(mmHg/s)	3.68	3.21	3.02	3.21			

～100 mmの位置で約1秒～1.5秒、500 mmの位置で約4秒～5秒、900 mmの位置で約5.5秒～6.5秒となった。簡易透気性試験装置による測定値のバラツキは、同一の穴で4回試験した結果、変動変数で約2～5%となり、かなり小さいように思われる。

(2) 穴の深さと簡易透気速度との関係

穴の深さと簡易透気速度との関係を図-3に示す。穴の深さが深くなるに従い、簡易透気速度が大きくなる傾向を示している。これは、穴が深くなるに従って、コンクリート中の粗骨材を貫通する確率が高くなり、粗骨材とモルタルとの付着面が増えるため、この部分で透気量が多くなるからであろう。このため、試験に際しては、穴の深さを一定にする必要がある。穴の深さはコンクリートのかぶり程度であればよいと考えられるが、通常、40 mmの深さとすればよさう。

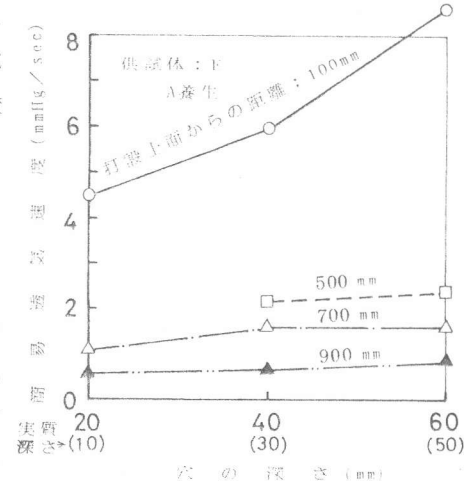


図-3 穴の深さと簡易透気速度との関係

(3) 穴の数および間隔の影響

構造体コンクリートの透気性を試験する場合、数箇所穴をあけて試験することになる。この場合、穴と穴との間隔や周囲の穴の数によって簡易透気速度が影響を受ける。穴の間隔および数が簡易透気速度におよぼす影響を図-4に示す。この図の縦軸は、周囲に穴をあけた状態で試験した値から周囲に穴をあけない状態で試験した値を減じたものである。今回の試験では、穴の間隔が25 mm以上離れる

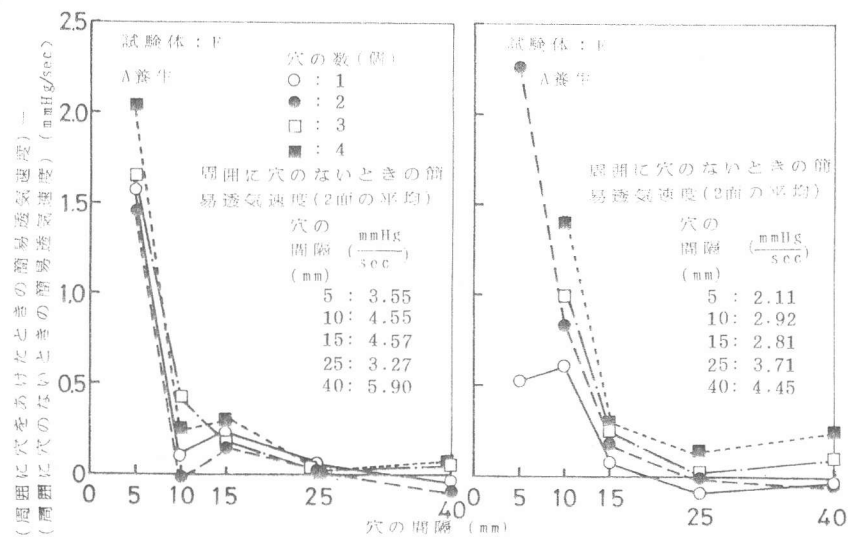


図-4 穴の間隔および数が簡易透気速度におよぼす影響

とその穴の影響はほとんど認められなかったが、ポーラスなコンクリートの場合には、この結果より大きな影響を受けることが予想される。試験に当たって、穴の間隔は、粗骨材の最大寸法の2倍以上とし、十分取る必要がある。

試験をする穴の周囲に1～4個の穴(穴の間隔 $l=5$ mm)をあけた場合、これらの穴にゴム栓をした場合としない場合の簡易透気速度を図-5に示す。周囲の穴にゴム栓をすることによって、穴の影響が小さくなる。これはゴム栓をすることによって、空気の流れを遮断するためである。以上述べた結果は、コンクリート中の豆板、す、ジャンカが試験結果におよぼす影響にも関連する。

(4) 打込み高さが簡易透気速度におよぼす影響

打設上面からの下りと簡易透気速度との関係を図-6に示す。

打設上面からの下りが大きくなるほど簡易透気速度は小さくなり、打設面から100 mmの位置における簡易透気速度に対し、打設面から900 mmの位置における簡易透気速度は約1/3～1/5となっている。図-6(a)は水セメント比5.5%の場合、スランプ21 cmは15 cmに比し、この影響が大きく、上部では2～3倍である。

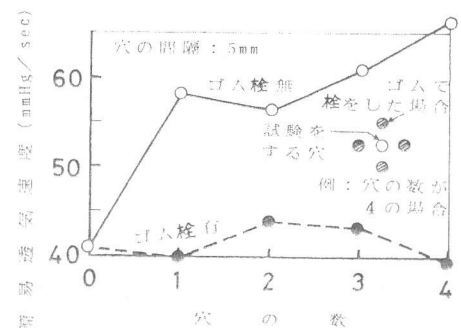


図-5 穴の数と簡易透気速度との関係

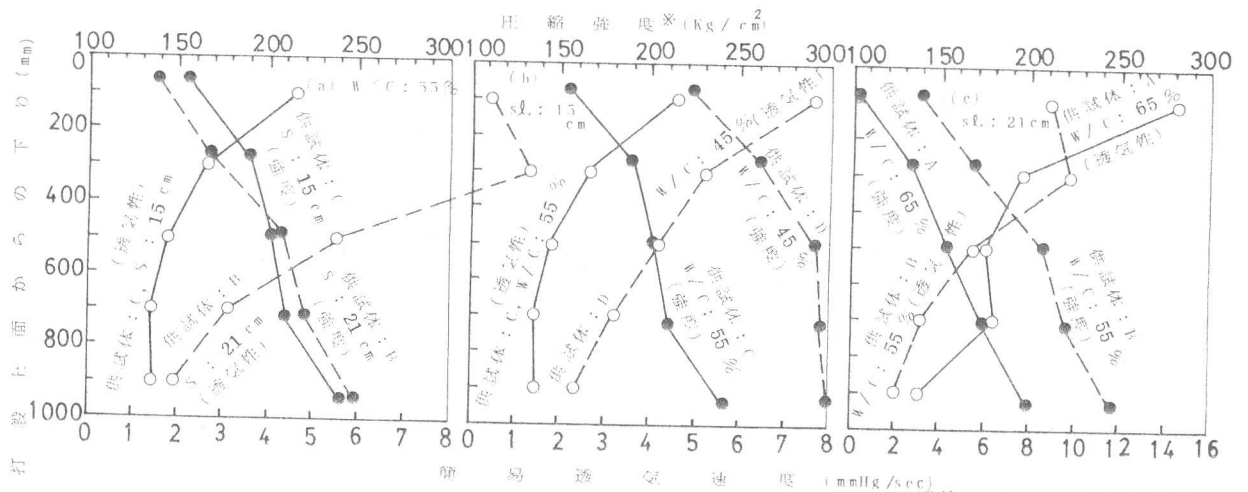


図-6 打設面からの距離が簡易透気速度におよぼす影響
*圧縮強度は文献(7)から引用

図-6 (b)は水セメント比4.5%の方が5.5%より簡易透気速度が大きかったが、これは中性化も大きかった(図-7参照)。図-6 (c)は水セメント比5.5%は6.5%より簡易透気速度が小さめとなった。

(5) 簡易透気速度と中性化深さとの関係

簡易透気速度と中性化深さとの関係を図-7に示す。いずれの供試体も簡易透気速度が大きくなるに従い、中性化深さは大きくなっている。すなわち、打設上面から1000mmの位置での中性化深さが大きくなっている。このように、簡易透気速度と中性化深さとの関係は、供試体によって相違しているが、両者の関係はかなり高い相関性を有している。

4. むすび

比較的マッシュパなコンクリート供試体を用いて、簡易透気速度を求めた結果を要約すると次のようである。①今回用いた簡易透気試験装置の精度は変動係数で2~5%である。②コンクリートにあける穴の深さは40mm程度必要である。③コンクリートにあける穴の間隔は、粗骨材の最大寸法の2倍以上必要である。④簡易透気速度は打設上面からの下りが大きくなるほど小さくなる。⑤簡易透気速度が大きくなるほど中性化深さが大きくなり、両者の関係はかなり高い相関性を有している。なお本試験方法はまだ検討すべきことが多く、更に実験研究を続けたい。

本研究を行なうに当たり、供試体を提供して頂いた戸田建設(株)技術開発センター所長工博毛見虎雄氏ならびに同主任研究員工博平賀友晃氏に対し衷心より感謝の意を表する次第です。

参考文献

- 1) 神田衛;セメント技術年報, XII, 1958, PP.339~343.
- 2) 渡辺幸二郎;セメント技術年報, XII, 1958, PP.343~347.
- 3) J.W.Figg; Magazine of Concrete Research, Vol.25, No.85, Dec. 1973, PP.213~218.
- 4) 笠井、松井、福島、蒲原;セメント技術年報, 36, 1982, PP.440~443.
- 5) 笠井、松井、福島、蒲原;日本建築学会大会学術講演梗概集, 1982, PP.115~118.
- 6) Y.KASAI, I.MATSUI, Y.FUKUSHIMA, H.KAMOHIARA; First International Conference on the Use of Fly Ash, Silica Fume, Slag and Other Mineral By-Products in Concrete, June, 1983 予定.
- 7) 毛見、平賀、倉林、篠崎;日本建築学会大会学術講演梗概集<構造系> 1978, PP.227~232, 1979, PP.161~164

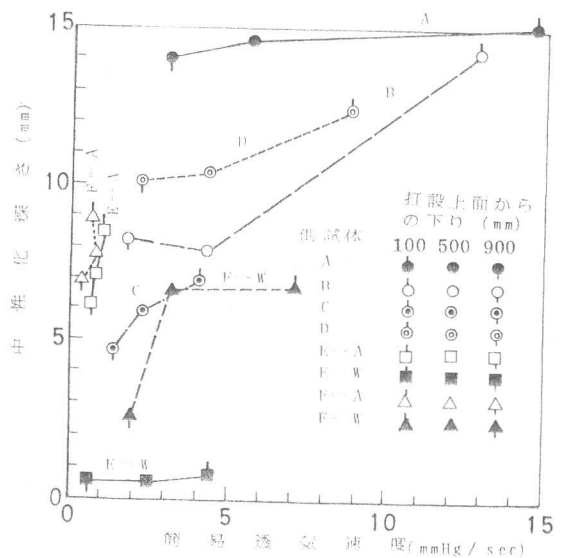


図-7 簡易透気速度と中性化深さとの関係