

[47] コンクリート短柱の簡易透気速度の経年変化

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)

青木 敏雄 (日本大学生産工学部)

1. はじめに

鉄筋コンクリート構造物の耐久性は、コンクリートの中性化に伴う鉄筋の腐食によって支配される場合がある。すなわちコンクリートの中性化は、空気中の炭酸ガスのコンクリートへの拡散が原因となる。コンクリートが中性化後または塩化物が存在する場合、鉄筋の腐食はコンクリート中を拡散する酸素量に支配されるので、コンクリートの透気性と密接な関係を有している。

筆者らは、構造体コンクリートの透気性を現場で試験できる簡易透気性試験方法を提案した¹⁾。これまでに、本試験方法を用い、比較的マッシュなコンクリート供試体の簡易透気速度と中性化深さとの関係²⁾、調査を変えたコンクリート供試体の促進中性化³⁾深さと簡易透気速度との関係³⁾などについて報告した。

本論文は昭和58年6月に、調査を変えて製作(文献2と同じコンクリート)したコンクリート短柱供試体を用い、供試体の部分による簡易透気速度の差異や簡易透気速度の経年変化について測定したものである。

表-1 コンクリートの調査表

供試体の種類	w/c	S/A (%)	スランブ (cm)	実測スランブ (cm)	実測空気量 (%)	W (kg/m ³)	C (kg/m ³)	S (kg/m ³)	G (kg/m ³)	AE減水剤 (kg/m ³)
45-8-AE	45.0	38.6	8	12.0	4.3	134	298	730	1167	0.745
45-20-AE	45.0	43.5	20	20.0	5.0	163	362	766	1001	0.905
55-8-AE	55.0	41.1	8	10.5	4.4	133	242	795	1149	0.605
55-20-AE	55.0	46.0	20	19.5	4.8	162	295	836	991	0.738
65-8-AE	65.0	42.3	8	10.0	3.8	133	205	831	1144	0.512
65-20-AE	65.0	47.2	20	17.5	5.0	162	250	875	988	0.625
55-8-PLAIN	62.8	43.1	8	13.0	1.8	152	242	841	1118	-
55-20-PLAIN	61.0	48.0	20	13.0	1.6	180	295	882	962	-

* ポゾリス Na 5 L 使用

2. 実験方法

(1) 使用材料 セメント

普通ポルトランドセメント、粗骨材；川砂利2.5mm以下、細骨材；川砂2.5mm以下である。

(2) コンクリートの調査

コンクリートはレデーミクストコンクリートによつた。調査を表-1に示す。

(3) 供試体

コンクリート供試体は、図-1に示すように、断面：450×450mm、高さ：1,200mmの短柱で、鋼製型わくを用いて製作した。供試体は材令3日で脱型し、以後、図-1に示す側面(C面、D面)の2面をエポキシ樹脂を用いてシールした。

(4) 養生方法

供試体は製作後、実験室内の空气中に静置した。

(5) 簡易透気速度の試験方法

供試体の簡易透気性の試験は、図-2に示す装

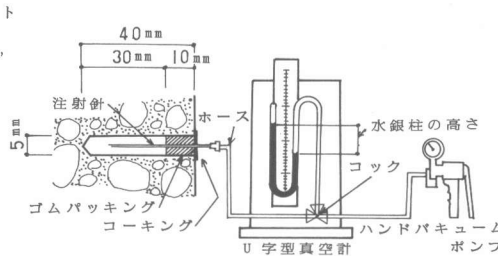
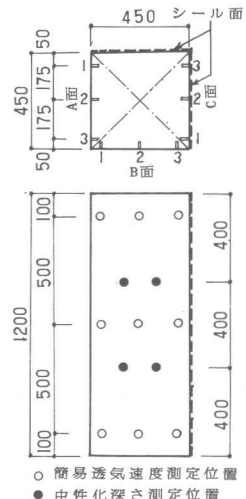


図-2 簡易透気性試験装置



○ 簡易透気速度測定位置
● 中性化深さ測定位置
図-1 供試体および測定箇所

置を用いて行った。試験方法の手順を以下に示す。

① 供試体の所定の位置に直径5mm、深さ40mmの穴を電気ドリルを用いてあけ、穴の内部に残ったコンクリート粉末を除去する。

② この穴を直径5mm、長さ10mmのゴム栓で栓をし、空気が漏れないように、コーキング材を用いて、穴の周囲をシールする。

③ ゴム栓の中央部に、静脈用注射針をゴム栓を貫通するまでさし込む。このとき、注射針の穴にゴムが詰まることがあるので、あらかじめ細い針金を注射針の穴に貫通させておく。

④ この注射針に塩化ビニル製ホース（内径5mm；長さ500mm；肉厚1.7mm）を取り付け、3方コックを開いた状態で、ハンドバキュームポンプを操作し、コンクリートにあけた穴の内部の空気を抜き取り、真空計の水銀柱の高さが120mmHgになったとき、コックを閉じる。

⑤ コンクリート内外部の空気がこの穴に集まり、穴の真空度が低下し、真空計の水銀柱が上昇してくる。このとき、水銀柱の高さの差が140mmHgから180mmHgまでの40mmHg上昇する時間をストップウォッチで計る。

⑥ コンクリートの簡易透気速度は（1）式によって求める。

$$k = \frac{40 \text{ mmHg}}{T} \dots\dots\dots (1)$$

ここに k : 簡易透気速度 (mmHg/sec)
T : 真空計の水銀柱の差が40mmHg
上昇する時間 (sec)

⑦ 一つの穴について、④～⑥の操作を4回行い、1回目を除いた3回の平均値で示す。

短柱供試体の簡易透気速度の試験箇所を図-1に示す。簡易透気速度は供試体のA面、B面およびC面（シール面）の上、中、下のそれぞれ3ヶ所（図-1中の○印）について試験した。簡易透気速度の試験は、材令1, 4, 12, 18, 30ヶ月で行った。ただしC面（シール面）については材令32ヶ月で行った。

（6）中性化深さの測定 中性化深さは、図-1に示すように供試体のA、およびB面とC面（シール面）のそれぞれ4ヶ所（図-1中の・印）について試験した。測定方法は、所定の位置に直径10mm、深さ10mmの穴を電気ドリルであけ、穴の内部を清掃したのち、フェノールフタレイン1%アルコール溶液（水分15%）

表-2 試験結果

※はシール面、他はシールなし

供試体名	材令	簡易透気速度 (mmHg/sec)						中性化深さ (mm)			
		1ヶ月	4ヶ月	12ヶ月	18ヶ月	30ヶ月	32ヶ月※	30ヶ月	32ヶ月※		
20	AE	45	範囲 0.130~2.740	0.149~6.060	0.204~4.920	0.321~5.460	0.818~5.977	0.330~2.034	0.1~3.7	0.0~0.6	
		平均	0.929	2.097	1.881	2.408	2.982	1.018	1.9	0.2	
	55	範囲	0.284~1.360	0.559~3.660	1.380~11.200	1.050~11.900	3.158~4.447	0.787~2.822	1.1~3.1	0.0~1.4	
		平均	0.677	1.557	3.217	4.363	3.611	1.805	2.4	0.9	
	65	範囲	0.360~1.990	0.673~5.870	1.490~7.670	1.930~13.000	4.914~9.289	4.184~4.528	1.1~5.6	0.0~0.85	
		平均	1.258	2.433	3.750	5.563	6.875	4.356	2.4	0.4	
ブレン	55	範囲	0.252~3.420	0.470~5.100	0.743~7.780	1.000~8.930	2.510~6.518	0.995~1.539	1.0~2.6	0.0~0.4	
	平均	1.170	2.180	2.987	3.673	4.175	1.268	1.9	0.1		
8	AE	45	範囲	0.098~10.70	0.368~2.720	0.583~6.900	0.810~6.950	1.248~4.484	0.442~2.011	1.2~3.9	0.0~1.4
		平均	1.514	1.180	2.023	2.570	2.736	1.052	2.1	0.5	
	55	範囲	0.173~3.220	0.281~2.940	0.600~4.980	0.854~7.150	1.945~5.744	1.489~5.096	1.00~5.1	0.0~0.8	
		平均	0.711	1.263	2.133	2.937	3.804	3.025	2.0	0.2	
	65	範囲	0.548~3.760	1.160~6.300	2.050~14.900	2.820~19.700	7.465~19.002	2.556~6.068	1.1~5.5	0.0~2.0	
		平均	1.917	3.723	6.787	8.233	11.315	4.351	3.2	0.9	
ブレン	55	範囲	0.097~8.300	0.775~5.810	1.110~6.760	0.269~17.300	2.719~10.636	1.076~6.806	1.5~4.9	0.0~1.4	
	平均	1.428	2.183	3.263	5.203	6.403	3.009	2.5	0.6		

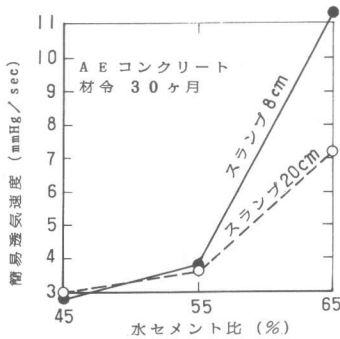


図-3 水セメント比と簡易透気速度との関係

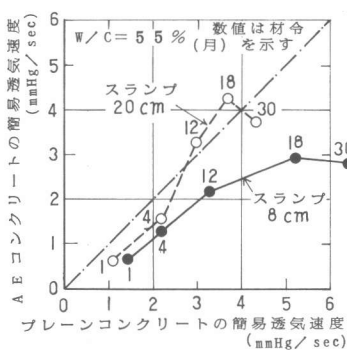


図-4 AEコンクリートとプレーンコンクリートの簡易透気速度

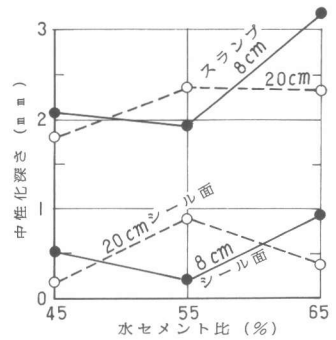


図-5 水セメント比と中性化深さとの関係

を霧吹きを用いて吹きつけ、コンクリート表面からの中性化深さを測定した。中性化深さの試験は材令30ヶ月のみ行った。ただしC面(シール面)については材令32ヶ月で試験した。

3. 結果および考察

簡易透気速度および中性化試験結果を表-2に示す。これらの値は短柱供試体のA、B面およびC面の上中下全平均を示したものである。

(1) コンクリートの調合と簡易透気速度との関係 水セメント比と簡易透気速度との関係を図-3に示す。水セメント比65%の簡易透気速度は、水セメント比45%および55%に比し、2~3倍大きくなっている。

スランブによる影響：水セメント比45、55%のコンクリートの簡易透気速度は、スランブ8cmと20cmとで大差ないが、水セメント比65%の場合は、スランブ8cmの方が20cmに比し大きくなっている。

AEコンクリートとプレーンコンクリートの簡易透気速度を図-4に示す。スランブ20cmのコンクリートの場合は両者ほぼ同じ簡易透気速度であるが、スランブ8cmの場合は、プレーンコンクリートの方がAEコンクリートより簡易透気速度は大きくなっている。これは、スランブ20cmの場合、AEコンクリートとプレーンコンクリートとで施工性に大差がないため、両者ほぼ同じ充填程度になっている。しかし、スランブ8cmの場合はAEコンクリートの方がプレーンコンクリートに比し、密実に充填されているため、透気性が小さくなった。

水セメント比：中性化深さとの関係を図-5に示す。これは材令30ヶ月の結果である。中性化深さは、水セメント比が大きくなると大きくなる傾向がみられる。シール面はほとんど中性化していない。

(2) 供試体の部分の簡易透気速度との関係

供試体の高さ方向と簡易透気速度との関係を図-6に示す。簡易透気速度は、供試体の上部の方が大きく、下部に行くほど小さくなっている。下部は圧密により密実な組織となり、上部はブリージングにより粗な組織になっていることを示す。この傾向は先報2)で報告した比較的マッシュなコンクリート供試体の場合と同様の傾向を示している。

供試体の各点の簡易透気速度を図-7に示す。簡易透気速度は供試体のコーナー部分(A面の3およびB面の

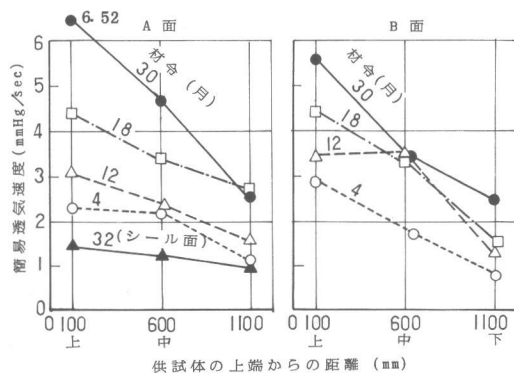


図-6 供試体の高さ方向と簡易透気速度との関係 (供試体記号55-20-plain)

1) は乾燥が他に比し大きいためであろう。

(3) 簡易透気速度の経年変化

簡易透気速度の経年変化を図-8に示す。簡易透気速度は材令経過に伴って大きくなっている。特に水セメント比6.5%のコンクリートは、水セメント比4.5%に比し、18ヶ月以降の増加が大きい。これは、コンクリート中の水分の乾燥による影響⁴⁾であると思われる。

(4) 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-9に示す。図中の鎖線は先報1)の比較的マシなコンクリート供試体の屋内空気中養生、材令48ヶ月の結果を示し、点線は先報2)の材令3ヶ月後の促進炭酸化試験結果を示したものである。シール面は中性化深さが小さい。簡易透気速度と中性化深さとの関係は両対数座標上で直線となる。またこれらの直線の傾きは、ほぼ平行となっている。この結果、簡易透気速度を測定することによって中性化の進行程度を推定し得ることを示している。

4. むすび

試験結果を要約すると次のようである。

①水セメント比4.5, 5.5%のコンクリートの簡易透気速度は6.5%に比し約1/4となった。

②AEコンクリートとプレーンコンクリートを比較するとスランプ20cmの場合は両者ほぼ等しく、スランプ8cmになると、プレーンコンクリートの方がAEコンクリートに比し簡易透気速度が大きくなった。これは硬練りコンクリートの締め固めを十分行う必要があることを示している。

③コンクリート表面をシールすることにより、簡易透気速度および中性化深さを小さくすることができる。

④簡易透気速度は柱のコーナー部のように乾燥の早い部分では大きくなった。

⑤簡易透気速度は材令とともに大きくなり、この傾向は水セメント比の大きいコンクリートの方が顕著であった。

⑥簡易透気速度と中性化深さとの関係は両対数座標上で直線となった。

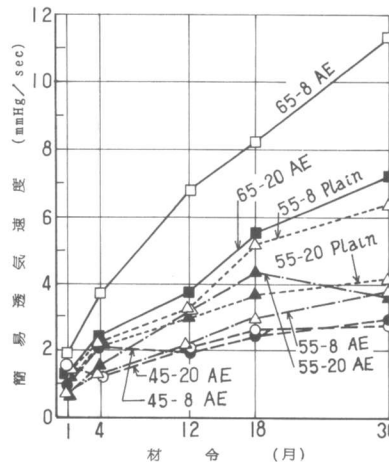


図-8 簡易透気速度の経年変化

参考文献

- 1) Y., KASAI et al., On Site Rapid Air Permeability Test for Concrete, ACI SP-82, pp. 525~541, 1984.
- 2) 笠井芳夫, 松井勇, 瀧原博行; 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論文集 pp. 57~60, 1983.
- 3) 笠井芳夫, 松井勇, 長野基司; コンクリートの中性化と透気性, 第6回コンクリート工学年次講演会論文集 pp. 189~192, 1984.
- 4) 笠井芳夫, 松井勇, 福島幸典, 瀧原博行; セメントモルタル板の透気性試験, セメント技術年報36, pp. 440~443, 1982.

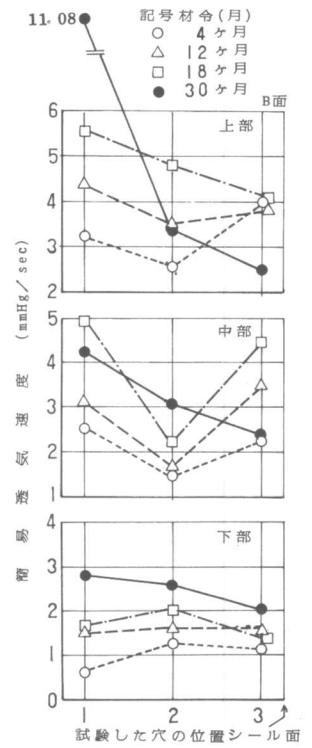


図-7 供試体の各測点の簡易透気速度(供試体記号 55-20-plain)

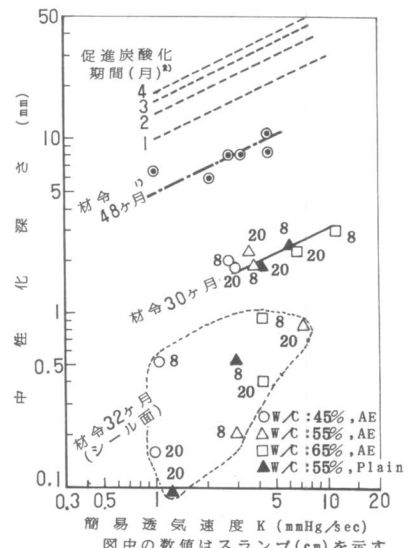


図-9 簡易透気速度と中性化深さとの関係