

V-485 水蒸気拡散試験における設定温度の影響について

(株)熊谷組 正員 ○伊藤 洋
(株)熊谷組 正員 坂口 雄彦

1. はじめに

コンクリートの透水性や耐久性を簡便に評価するための試験法として、著者らはコンクリート中の水蒸気の透過性に着目した水蒸気拡散試験法について研究を進めている。これまでの実験結果から、本試験法により簡便にかつ精度よく水蒸気拡散係数が評価できることを確認している^{1), 2)}。

本論では、この試験法における唯一の試験環境条件である乾燥炉の設定温度の影響に焦点を当てて実験的に検討した。その結果、有用な知見が得られたのでここに報告する。

2. 実験方法¹⁾

水蒸気拡散試験法は、図-1に示すように単純なアルミ製容器に薄い円柱供試体を挟み、水を水蒸気の状態にして供試体内を透過させてその抵抗性を測定するものである¹⁾。試験手順は、まず、カップ内に純水を150cm³程度入れて供試体をセットし、所定の温度に設定した乾燥炉内に設置する。乾燥炉の温度は、本実験では設置温度の影響を検討するため、 $t=35^{\circ}\text{C}$ (308.15 K), 50°C (323.15 K), 80°C (353.15 K)の3種に設定した。水蒸気の浸出量は、容器全体の重量減少量から算出する。

試験に用いたコンクリートは、普通ポルトランドセメントであり、 $G_{\max}=20\text{mm}$ で水セメント比を $W/C=40, 50, 60, 70\%$ と変えて円柱供試体(直径10cm, 長さ20cm)を製作した。材令4ヶ月経過後、厚さ $l=1.5\text{cm}$ の薄板をそれぞれ5枚切りだして供試体とした。

3. 実験結果と考察

表-1に実験ケースと実験結果をまとめて示した。ここで、水蒸気拡散係数は次式により求める¹⁾。

$$D = J_v \cdot R_v \cdot T l / \{ P \cdot l n \{ (P - p_{v,i}) / (P - p_{v,o}) \} \} \quad \text{----- (1)}$$

ここに、 J_v : 水蒸気のマスフラックス密度($\text{kg}/\text{m}^2 \text{ s}$)、 l : 供試体の厚さ(m)、 R_v : 水蒸気的气体定数($\text{Pa m}^3/\text{kg K}$)、 T : 絶対温度(K)、 P : 総圧(Pa)、 p_v : 水蒸気分圧(Pa)、で添字0は供試体下面、1は供試体上面での値を示している。

同表より、水蒸気拡散係数は、設定温度と W/C の違いのみであるため、大きな差はなくいずれも $10^{-11} \text{ m}^2/\text{s}$ のオーダーにあることがわかる。

図-2は、同表から設定温度 t ($^{\circ}\text{C}$)及び水セメント比 W/C (%)と水蒸気拡散係数 D の関係で示したものである。まず、設定温度 t と D の關係に注目すると、設定温度が高いほど D が若干ではあるが大きくなっていることが分かる。図は、平均値を中心に示しているが、表-1の各ケースごとに見てもA-3とB-4でやや 50°C の値が小さくなっている以外はすべて同様の傾向にある。温度が高くなると分子の運動エネルギーが増すので、この傾向は当然であるともいえる。一方、 W/C と D の關係を見ると、いずれの設定温度においても W/C が大きいほど D が増大していることが認められる。これは、一般的な W/C と透水係数の関係とも一致しており、十分納得がいく結果といえる。

以上より、拡散係数 D は設定温度が高く、 W/C が大きいほど増大するが、依存性は W/C による影響の方が大きく、設定温度による影響は小さいことが分かった。つまり、拡散係数は供試体の違いによって概ね決定されるが、設定温度による影響も多少あるという結果となった。しかし、試験法として確立するためには、設定温度による影響を定量的に評価しておく必要がある。そこで、ここでは半実験的に求められている気体

中の分子拡散係数の推算式から、総圧、分子容、分子量が一定であるとして水蒸気拡散係数Dが絶対温度Tのべき乗関数によって表せると仮定し、設定温度の影響を検討する^{3), 4)}。

$$D = a T^m \text{----- (2)}$$

ここに、a：係数、m：定数、である。
温度の影響評価は、式(2)のmを求めることに帰着する。
表-1に各ケースにおいて最小二乗法によりmを求めた結果を整理して示した。ただし、相関係数 $r < 0.90$ については除外した。その結果、 $m = 0.648 \sim 3.27$ とバラツキはあるが、 $m = 1 \sim 2$ が多く、平均値は $m = 1.65$ となった。気相中での拡散係数Dのmは、 $m = 1.5 \sim 1.88$ 程度とされているので^{3), 4)}、ほぼ一致していることになる。そこで、図-2に設定温度35℃と80℃のDを式(2)を用いて50℃の値に補正した値を一点鎖線で示した。その結果、いずれの補正値も50℃のDによく一致したものとなった。

以上、水蒸気拡散試験法における設定温度の影響を明らかにし、その補正式を得ることができた。

表-1 試験ケース及び結果

実験供試体の ケース		水蒸気拡散係数 D (×10 ⁻⁷ m ² /s)			m (r > 0.90)
		80 ℃	50 ℃	35 ℃	
40%	A-1	6.35	4.68	4.08	3.27
	A-2	5.92	4.53	4.27	2.47
	A-3	4.93	3.83	4.61	—
	A-4	5.10	4.62	3.70	2.20
	A-5	5.66	4.85	4.50	1.69
	平 均	5.59	4.50	4.23	2.10
50%	B-1	6.12	5.16	5.17	1.33
	B-2	5.87	5.45	4.48	1.84
	B-3	5.85	4.40	4.27	2.42
	B-4	7.10	6.03	6.42	—
	B-5	4.67	4.02	4.11	1.03
	平 均	5.92	5.10	4.89	1.44
60%	C-1	6.93	7.23	6.45	—
	C-2	6.57	6.13	5.62	1.10
	C-3	6.34	5.95	5.37	1.15
	C-4	6.19	6.52	5.61	—
	C-5	7.23	5.94	5.89	1.59
	平 均	6.65	6.36	5.79	0.95
70%	D-1	7.66	7.06	7.05	0.648
	D-2	7.94	7.52	6.77	1.10
	D-3	7.39	6.90	5.91	1.53
	D-4	8.73	7.82	6.68	1.87
	D-5	7.59	6.99	6.39	1.22
	平 均	7.86	7.26	6.56	1.27
A~D-1~5の平均					1.65

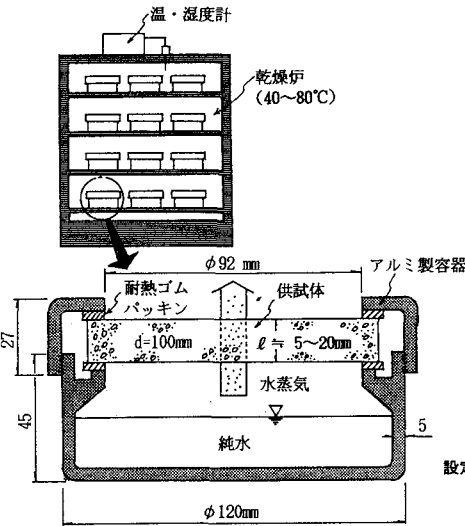


図-1 試験装置の概略

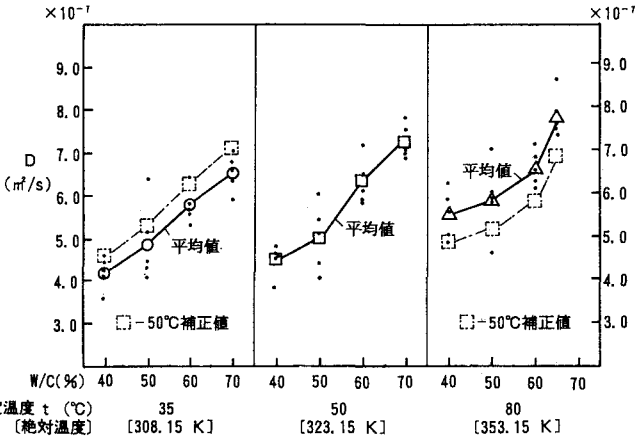


図-2 設定温度 t 及び水セメント比W/C と拡散係数Dの関係

参考文献

1)伊藤 洋ほか：水蒸気拡散法によるコンクリートの透水性評価試験について，コンク年講，Vol. 14, 1992.
2)伊藤 洋ほか：透水性評価のための水蒸気拡散試験について，土木学会第47回年講V，1992.
3)化学工学便覧，丸善，pp. 66～69，1978.，4)J.R. ホールマン：伝熱工学（下），丸善，p. 428，1982.