

コンクリート中の水分の逆散と乾燥収縮に関する研究

岡山大学 学生員 ○池 田 清
 “ “ 齋 野 隆 司
 “ “ 正 昌 阪 田 憲 次

1. ま え か き

コンクリートの乾燥収縮は、プレストレストの減速やひびわれの原因となり、その定量的な予測は、きわめて重要なものである。コンクリートの乾燥収縮は、コンクリート中の水分の外部への逆散と密着性関係があり、したがって、コンクリート中の水分の挙動が把握できれば、コンクリートの乾燥収縮の予測は可能のように思われる。一般に、コンクリート中の水分の逆散は拡散方程式に従い、拡散係数をコンクリート中の含水率の関係とした非線形拡散方程式を適用することと望ましいとされている。一次元の非線形拡散方程式は(1)式で表わされる。

$$\frac{\partial c}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left(k_0 \frac{\partial c}{\partial x} \right) \quad \text{----- (1)}$$

また、 $\lambda = x / \sqrt{t}$ なる変数を導入してボルツマン変換すると、拡散係数 k_0 は(2)式で表わされる。

$$k_0 = \int_0^c \lambda \, dc / (dc / d\lambda) \quad \text{----- (2)}$$

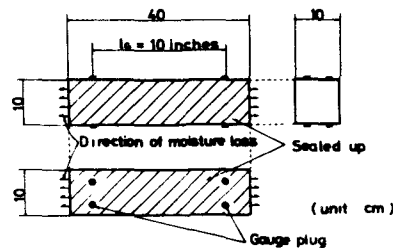
したがって、実験よりコンクリート中の所定の点 x の任意時間 t における含水率 c が求められれば(2)式より拡散係数が求められる。このようにして求めた k_0 を(1)式に代入して、ある初期条件、境界条件の下で有限要素法によって解析し、コンクリート中の水分逆散率と乾燥時間の関係を得、これと実験による水分逆散率と乾燥時間の関係を比較し考察する。また、別の実験より求めたコンクリートの乾燥収縮ひびと水分逆散率の関係についても検討する。

2. 実 験 概 要

表-1に実験に使用したコンクリートの配合を示す。また、図-1は供試体の形状寸法を示すもので、打設後24時間実験室中に放置した後脱型し、脱型後は所定の材令まで標準水中養生を施した。そして、相対する2面のみを残し、他の4面をビニル塗料およびパラフィルムで被覆し、水分の逆散が一元的になるようにした。供試体(a)でゲージラック間の収縮ひびをホワイトモヤでみ計で測定した。また、軸方向長さの異なる供試体(b)の重量の経時変化を測定することによって、コンクリート中の含水率の場所的および時間的な分布を求め、(2)式で k_0 を決定した。実験はすべて20℃、60% R.H.の恒温恒湿室で行ない、測定期間は約130日間である。

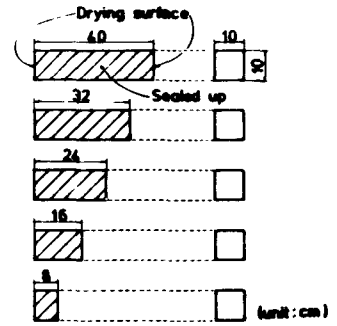
表-1 コンクリートの配合表

Kind of concrete	W/C (%)	W (kg/m ³)	C (kg/m ³)	s/a (%)	S (kg/m ³)	G (kg/m ³)
Main	50.0	200	400	44	712	998
Water -1	44.0	176	400	44	739	1023
Water -2	47.5	190	400	44	724	1002
Water -3	52.5	210	400	44	702	972
Water -4	56.0	224	400	44	687	950
Cement -1	60.0	200	333	44	737	1018
Cement -2	55.0	200	364	44	724	1004
Cement -3	45.0	200	444	44	697	967
Cement -4	41.7	200	480	44	684	948



(a) 収縮ひび測定用

図-1 供試体



(b) 拡散係数測定用

3. 結 果 と 考 察

図-2に供試体(a)より求めた水分逆散率(水分逆散量/可能逆散水量)と乾燥時間の関係を示し、これをもとにして前述の λ と C の関係を示したのが図-3である。これより(2)式で拡散係数 k_0 を計算し、含水率との関係

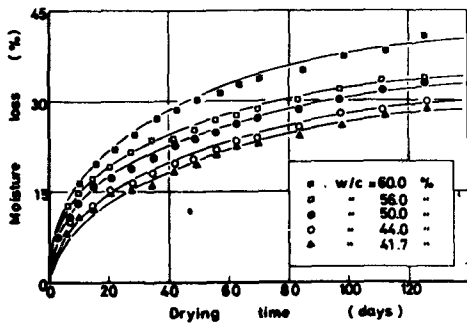


図-2 水分透散率 ~ 乾燥時間 ($x=20\text{cm}$)

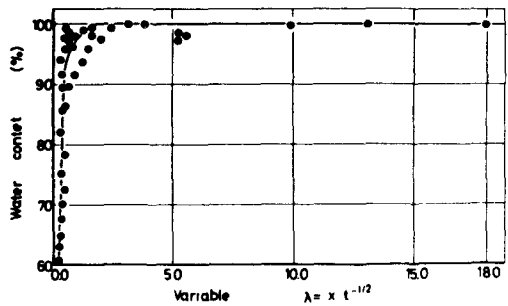


図-3 $C \sim \lambda$ 曲線

を図-4に示した。これより明らかなように、拡散係数は、含水率が80%以下ではほぼ一定であるが、80%以上になると急激に大きくなっている。したがって、拡散係数はコンクリート中の含水率と密接な関係があることかうなかわれる。次に、この拡散係数を用い、コンクリート中の水分透散率を求めるための数値計算を行った。境界条件は式で表わされるNewtonの熱移動の法則を用いた。

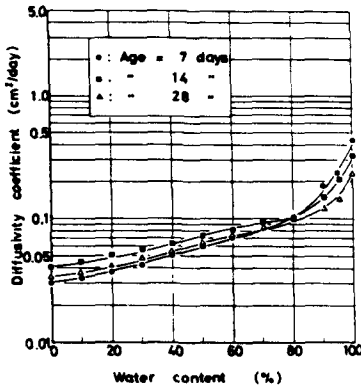


図-4 拡散係数 ~ 含水率

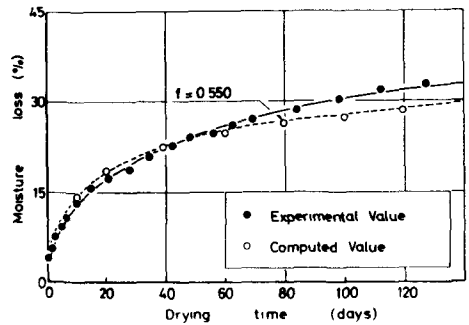


図-5 水分透散率 ~ 乾燥時間

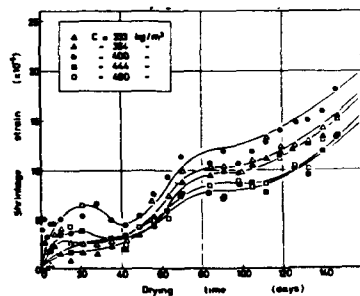


図-6 収縮ひずみ ~ 乾燥時間

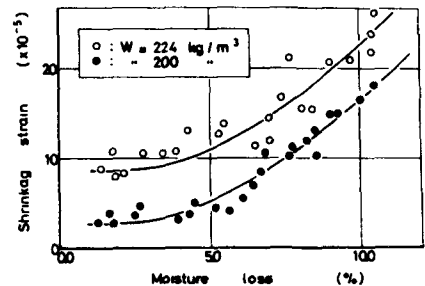


図-7 収縮ひずみ ~ 水分透散率

$$K \left(\frac{\partial G}{\partial x} \right) = f(G_e - G)$$

ここに、 f : 表面係数

G_e : 外気湿度、 G : コンクリート表面の湿度、図-5は、種々の表面係数を仮定し、実験結果と一致するものを見つけた一例である。図-6は、図-1の(a)に示した供試体より測定した収縮ひずみと乾燥時間の関係を示したもので、これによると、乾燥初期においてはあまり収縮せず、ある程度乾燥が進むと急激に収縮したしている。また、収縮ひずみと水分透散率の関係を図-7に示した。これより、収縮ひずみと水分透散率とは密接な関係があることかわかる。

4. お と き

以上の結果を統合すると、コンクリートの乾燥収縮は、コンクリート中の水分の透散と密接な関係があり、また、水分透散機構は、非線形拡散方程式により近似でき、前述の拡散係数や表面係数を用いれば、コンクリート中の水分透散率を場所的および時間的に予測することか可能であるように思われる。しかし、現時点において、拡散係数や表面係数をコンクリートの配合や諸々の条件から求めたり、また、収縮ひずみと水分透散率の定量的な関係を把握するまでには至っておりず、今後の研究の課題になると思われる。