

岡山大学 正・阪田憲次
 ビ・エスコンクリート 正 蔵本 修
 岡山大学 濱野隆司

1. まえがき

コンクリートの乾燥収縮機構は、コンクリート中の水分の外部への遷散に起因するラーページ効果によって説明される。また、コンクリート中の水分の遷散は、一般に、拡散方程式に従うとして解析する方法が採られる。筆者が行なった3次元線形拡散方程式による解析によれば¹⁾、図-1に示すように、計算値と実験値が一致せず、拡散係数を一定とするのは妥当でないことが明らかになった。すなわち、コンクリート中の水分の遷散は、非線形の拡散方程式に従うこと、換言すれば、拡散係数をコンクリート中の含水率の関数とすべきことが明らかになった。1次元の非線形拡散方程式は、 $\frac{\partial C}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left(K(C) \frac{\partial C}{\partial x} \right)$ ----- (1)

と表わされ、 $\lambda = x/\sqrt{t}$ なる変数を導入して、Boltzmann変換すると、

$$K(C) = \int_C^{\infty} \lambda \, dC / 2 (dC/d\lambda) \text{ ----- (2)}$$

より拡散係数が求められる。すなわち、実験より、コンクリート中のある点の任意時間における含水率Cが求められれば、(2)式により、拡散係数が求められる。このようにして求めたK(C)を用い、(1)式を有限要素法により逐次計算すれば、任意時間におけるコンクリート中の水分の分布が求められる。本研究においては、4角形アイソパラメトリック要素を用い、重みつき残差法によって定式化を行ない、(1)式の数値計算を行なった。このようにして求めた水分の分布および遷散量と、別の実験より求めたコンクリート中の収縮ひずみとの関係について論じた。

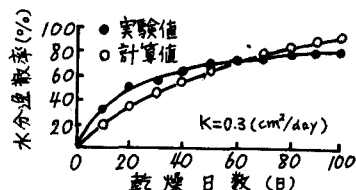


図-1 線形拡散方程式による解析例

2. 実験概要

図-1に、実験に使用したコンクリートの配合と強度を示す。また、図-2に、供試体の形状寸法を示す。供試体は相対する2面の計を

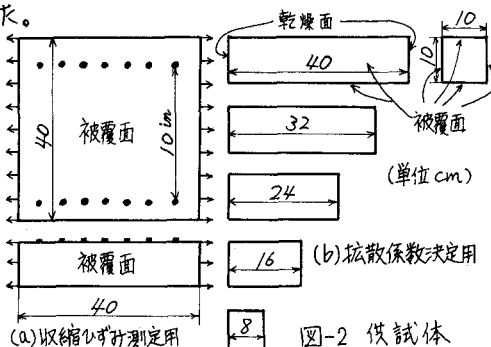


図-2 供試体

表-1 コンクリートの配合と圧縮強度

配合	W/C (%)	W (kg/m³)	C (kg/m³)	S/a (%)	S (kg/m³)	Gr (kg/m³)	σ_{28} (kg/cm²)
A	48.3	203	420	44	731	926	452
B	43.6	183	420	44	754	996	501
C	50.1	213	420	44	720	912	387
D	56.4	203	360	44	753	954	344
E	42.3	203	480	44	709	899	514
F	48.3	203	420	42	698	959	410
Gr	48.3	203	420	46	764	893	432

残り、他の4面をパラフィンで被覆し、水分の遷散が1次元的になるよう考慮した。(a) 供試体で乾燥面より深さ方向各点の収縮ひずみを、長さの異なる(b) 供試体重量を測定し、その経時変化よりコンクリート中の水分の分布を求めた。またその結果より、(2)式のK(C)を決定した。実験はすべて20°C、60%R.H.の恒湿恒温室内で行なった。なお、コンクリート中の水分の分布を求める実験は、上記以外にも、J線の透過による方法、コンクリート中に埋め込んだ電気抵抗の変化による方法についても実施した。測定期間は、約130日間である。

3. 結果と考察

図-3に、長さの異なる供試体により求めた、遷散水量と乾燥日数との関係の一例を示す(配合A)。これをもとにして、上述の(a)と(c)との関係を示したのが、図-4である。なお、乾燥開始時の枚令は28日で、それまでは、標準水中養生を施した。また、含水率は、実験終了後各供試体を炉乾燥して求めた可能遷散水量に対する含水量のパーセンテージで表わした。図-4をもとにして、(2)式で計算した拡散係数K(C)と含水率との関係を

図-5に示す。図より明らかなように、拡散係数は、含水率が80%以上ではきわめて大きく、また含水率が大きなるほど大きくなる。しかし、80%以下では、ほぼ一定値となる。したがって、コンクリート中の水分の逸散に対する拡散係数は、乾燥の初期においては、コンクリート中の含水率ときわめて密接な関係があることがうかがわれる。

つぎに、この拡散係数を用い、コンクリート中の水分の分布を求めるための数値計算を行なった。境界条件は、次式で表わされるNewtonの熱移動の法則を用いた。

$$k(\partial c/\partial x)_s = f(C_e - C_s) \quad \text{---(3)}$$

ここに、 f : 表面係数、 C_e : 外気の湿度、 C_s : コンクリート表面の湿度である。

図-6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出した結果の一例である。図-7は、このようにして決定した表面係数と水セメント比との関係を示したものであり、水セメント比が大きくなるほど表面係数を大きくとる必要があることがうかがわれる。

図-7は、図-2(a)に示した供試体により測定した、収縮ひずみと乾燥日数との関係を、乾燥表面からの深さをパラメーターとして示したものである。図によれば、表面に近い箇所の収縮ひずみは、乾燥の初期に大きく、また早く一定値に収れんするが、内部のひずみは120日程度ではまだ直線的に増加している。これは、図-3の水分の逸散の様相ときわめてよく類似している。両者の関係を示したのが、図-9であり、表面近傍においては、水分の逸散と収縮ひずみとは、ほぼ直線的な関係が計とめられる。

4. あとがき

以上の結果を総合すると、コンクリートの乾燥収縮は、コンクリート中の水分の逸散ときわめて密接な関係があり、また、水分の逸散機構は、非線形の拡散方程式によって近似できる。上述の拡散係数および表面係数を用いれば、コンクリート中の水分の分布および収縮ひずみの分布を、ある程度の精度で予測することが可能であると思われる。

<参考文献> 阪田: 京大学位論文, 1976年6月, J. Crank: The Mathematics of diffusion, Oxford at the Clarendon Press., 1955年

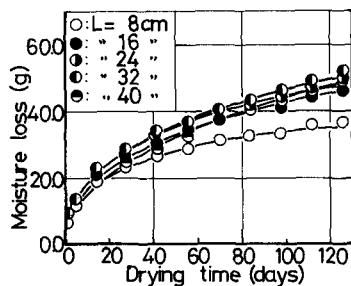


図-3 逸散水量～時間

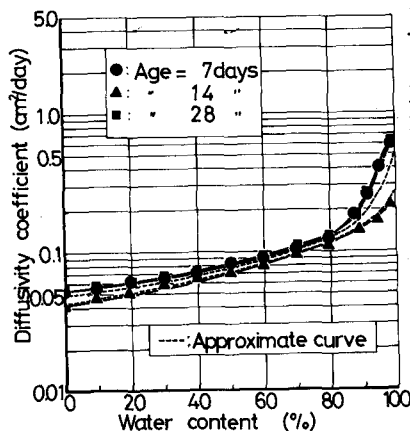


図-5 拡散係数

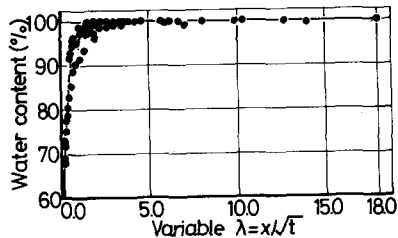


図-4 C～λ 曲線

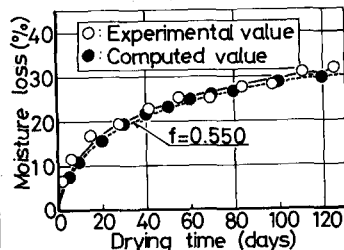


図-6 逸散水量～時間

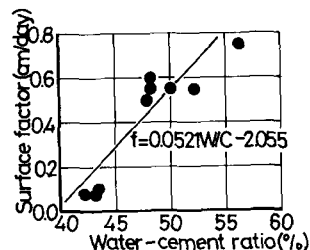


図-7 表面係数

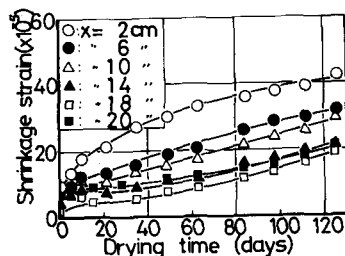


図-8 収縮ひずみ～時間曲線

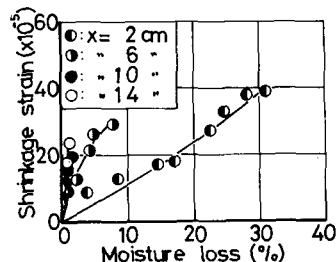


図-9 収縮ひずみ～逸散水量