

V-178

コンクリートの高水圧下および低水圧下における
水密性評価の実験的検証

日本大学生産工学部 正会員 伊藤 義也
同 上 正会員 越川 茂雄
日本大学大学院 学生会員 高橋 一義

1. まえがき

密実なコンクリートの水密性評価は浸透深さ方法（インプット法的一种）が一般に広く用いられている。コンクリートに比較的高水圧を加えた場合には、圧入した水とコンクリート実体部に体積変化をが起り、拡散流れが生じる¹⁾。この場合の水密性の尺度は拡散係数であって、これはダルシー速度方程式と体積変化を組合わせた拡散型の微分方程式を適用して、水の平均浸透深さを実測し、浸透部の先端水圧を 1 kgf/cm^2 と仮定する事によって求められる。しかし、低水圧が作用した場合の流れについて検討された例は皆無である。

そこで、本研究は 1 kgf/cm^2 程度以下の低水圧下における水の流れをダルシー浸透流としてとらえ、各種化学混和剤を用いたコンクリートの透水試験を行い、高、低水圧下で得られる両者の水密性試験値の妥当性を確認したものである。

2. 高水圧および低水圧下のコンクリート中の水の浸透性状

表-1は目標スランプ、および空気量をそれぞれ 12 cm および 6% とした、 $W/C=55, 70$ および 80% のAEコンクリートを28日間標準水中養生を行い、 45°C 、相対湿度 35% の環境下において14日間乾燥を行った後、0(毛管浸透)および $0.25 \sim 15$ 気圧の各種試験水圧で浸透深さ方法によって透水試験を行った結果から水の浸透部における空隙容積に対する浸透量比を算出したものである。

表-1において高水圧時には空隙容積に対する浸透水量比が1より大となり水およびコンクリート実体部が弾性変形を起すため圧力勾配は時間的、場所的に変化し、コンクリート中の水の流れは浸透拡散流になるのに対して、低水圧下の流れは圧縮が起らず圧力勾配が線形のダルシー浸透流となるものと考えられる。

図-1および2は理論値との比較検討を行うためのものである。図-1に低水圧時の浸透時間と浸透深さ（各水圧の浸透深さ-毛管浸透深さ）の関係の一例を示す。図-1において水圧を加えてからの浸透時間に伴う平均浸透深さの増加割合を $t^{1/n}$ としたときの n の値は約2となることが認められた。

図-2は試験水圧と平均浸透深さの関係である。図-2において圧力の増加に伴う浸透深さの増加割合を $P^{1/n}$ とした場合の n の値は各水セメント比で約2となることが認められた。以上の結果は以下に示す理論式(4)と良く一致した。

3. ダルシー浸透流による浸透係数の算定式 表-1 水の浸透部における空隙容積に対する浸透水量比

ダルシー速度方程式は式(1)で表される。

$$u = \frac{k}{w} \frac{dp}{d\chi} \quad (1)$$

ここに $dp/d\chi$: 圧力勾配 (gf/cm^3)

w : 水の単位容積質量 (gf/cm^3)

k : 透水係数 (cm/s) u : 流速 (cm/s)

流れは非定常であるが $u(t)$ は場所的に一定

$$u = \frac{d\chi}{dt} = \frac{k}{w} \frac{p}{\chi} \quad (2)$$

ここに χ : 浸透深さ (cm)

p : コンクリート表面に加えた水圧 (gf/cm^2)

水セメント比 (%)	水の浸透部における空隙容積に対する浸透水量比							
	水圧 (kgf/cm^2)							
	0.25	0.50	0.75	1.00	1.25	5	10	15
55	1.15	1.05	1.15	0.93	1.19	1.36	1.80	1.64
70	1.11	1.04	0.96	1.19	1.30	1.33	1.94	1.84
80	0.94	0.92	0.68	1.04	1.09	1.23	—	—

浸透水量比の算定
($0.25 \sim 1.25 \text{ kgf/cm}^2$)

$$\text{浸透水量比} = \frac{\text{各水圧の浸透量} - \text{毛管浸透の浸透量}}{\text{各水圧の浸透部の空隙} - \text{毛管浸透による浸透部の空隙}}$$

($5 \sim 15 \text{ kgf/cm}^2$)

$$\text{浸透水量比} = \frac{\text{各水圧による浸透量} - \text{毛管浸透を含む } 1 \text{ kgf/cm}^2 \text{ の浸透量}}{\text{各水圧による空隙}}$$

$$\frac{\chi^2}{2} = k \frac{p}{w} t + C \quad (3)$$

$t = 0$ 、 $\chi = 0$ であるから $C = 0$

$$\chi = \sqrt{\frac{2kp}{w}} \sqrt{t} \quad (4)$$

$$k = \frac{w\chi^2}{2pt} \quad (5)$$

χ に測定値 ($D_{mp} - D_{m0}$)を代入する

ここに D_{mp} : 圧力 p における浸透深さ (cm)

D_{m0} : 毛管浸透における浸透深さ (cm)

$$k = \frac{w(D_{mp} - D_{m0})^2}{2pt} \quad (6)$$

ここに k (cm/s) をコンクリートの浸透係数と定義する。

4. 高、低水压下による水密性試験値の検証

4-1 使用材料および配合

セメントはC O社製普通ポルトランドセメントを使用した。

骨材は茨城県鹿島産陸砂（比重2.58、吸水率1.60、F. M. 2.64）

および東京都青梅産砕石2005（比重2.67、吸水率0.92、F. M. 6.78）をそれぞれ使用した。

また、混和剤としてN社製のアルキルアリルスルホン酸塩を主成分としたA E剤、リグニンスルホン酸化合物およびポリオール複合体を主成分とするA E減水剤、ポリカルボン酸エーテル系と架橋ポリマーの複合体を主成分とする高性能A E減水剤を使用した。なお、コンクリートの配合は単位セメント量220、260、300および340kgf/m³、目標スランプおよび空気量をそれぞれ12cmおよび6%とした。

4-2 試験方法

供試体はφ15×15円柱形であり、標準水中養生28日後、乾燥を20℃、65%の恒温恒湿室内で7日間行った。透水試験は浸透深さ方法（インプット法）に準じて行い、試験水压は0.5kgf/cm²、高水压の場合15kgf/cm²、それぞれの水压を48時間加えた。なお、毛管浸透試験は供試体上面に約1cm程度の張り水を48時間行い行った。水密性の評価は高水压および低水压でそれぞれ拡散係数、および式（6）に示す浸透係数によって評価した。

4-3 試験結果および考察

ブレンコンクリートおよび各種混和剤を添加し、所要の品質条件を満足したコンクリートの水セメント比は40.6%~78.2%となった。図-3に各種コンクリートの水セメント比と透水試験結果を示す。図-3において浸透係数および拡散係数の試験値は水セメント比が大となるほど大となり、同様の傾向を示し浸透係数により水密性を評価できることが確認された。

また、化学混和剤の種類による水密性への影響は認められず化学混和剤による減水効果に伴う水セメント比による影響が大きいことが認められた。特に、水セメント比55%を境に透水性が急激に大きくなり既往の研究結果と良く一致した。

（参考文献）

1) 村田二郎、コンクリートの水密性の研究 土木学会 コンクリートライブラリー第7号、1963

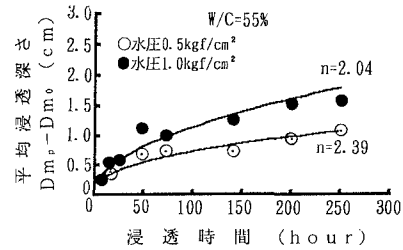


図-1 浸透時間と平均浸透深さとの関係

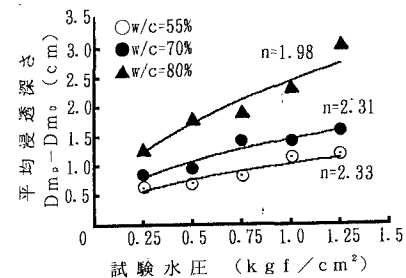


図-2 試験水压と平均浸透深さの関係

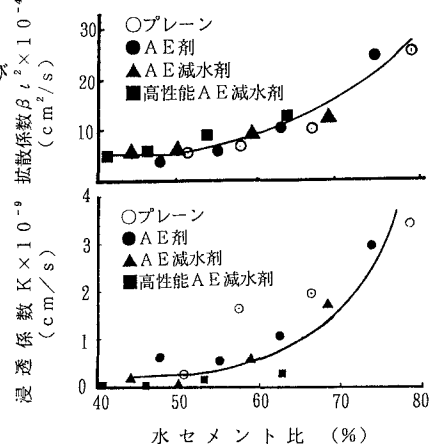


図-3 各種化学混和剤を用いたコンクリートの透水試験結果