

コンクリートの簡易透水試験方法に関する一検討

八戸工業大学 正員 ○ 庄谷 征美
正員 杉田 修一

1. はじめに

コンクリート表層部の水密性を現場で簡便に測定するための簡易透水試験方法について、実験および拡散理論にもとづいた解析の両面から基礎的検討を行う。

2. 簡易透水性試験方法

試験装置の概要を図1に示す。コンクリートに試験穴を設け、ゴムチューブの加圧力（初期圧3kg/cm²）を利用して試験穴内面へ透水させ、水圧低下量 ΔP と低下時間の平方根 $\sqrt{T}$ との関係から直線回帰式（1）を求めて、係数 a を透水性の評価値とする。

$$\Delta P = a\sqrt{T} \quad (1)$$

図2は、コンクリートへの透水量と水圧 P との関係を示したもので、 $P=3\sim 2.5\text{kgf/cm}^2$ の範囲では直線関係が成立し、水圧低下量 ΔP を透水量の指標値として取り扱おうとするもので、図3の測定例にみるように、 $T=7200\text{sec}$ までは（1）式の関係が成立っている。（2）式は、村田が提示した非定常の透水理論式を基に、拡散は試験穴側面から一次元的に生ずると仮定し、試験穴の水圧を $\psi(t)$ として、近似解析により本試験条件に対応させて求めた解である。拡散係数 β^2 は、試験終了時 t に透水深さ D_m を実測して、 $P=1\text{kg/cm}^2$ 、 $\chi=D_m$ と仮定して求めることができる。

$$P = \frac{\chi}{2\beta\sqrt{\pi}} \int_0^t \psi(\lambda) \frac{e^{-\frac{\chi^2}{4\beta^2(t-\lambda)}}}{(t-\lambda)^{3/2}} d\lambda \quad (2)$$

3. 使用材料、配合および養生及び試験条件

早強ポルトランドセメント、陸砂（比重2.59、f.m.2.73）、碎石（比重2.70、最大寸法20mm）、AE剤ヴィンソルを使用し、表1に示す配合で10×10×40cm供試体を作製した。脱型は材齢1日とし、材齢7日までで密封、40℃・80℃・105℃の養生条件および材齢7日まで水中養生後、材齢14日まで上記4種類の養生条件とした。なお、試験時間は $t=7200\text{sec}$ （2時間）として本解析に用いた。

4. 結果および考察

4. 1 簡易透水係数 a の評価

表2に試験結果一覧を示す。簡易透水係数 a は、材齢7日の場合が材齢14日の場合に比べて水セメント比 W/C の影響が大きい。また、密封から105℃へと乾燥程度が大きくなるほどその傾向は著しい。図4に示すように、透水係数 a は含水率 W' の低下と共に直線的に増

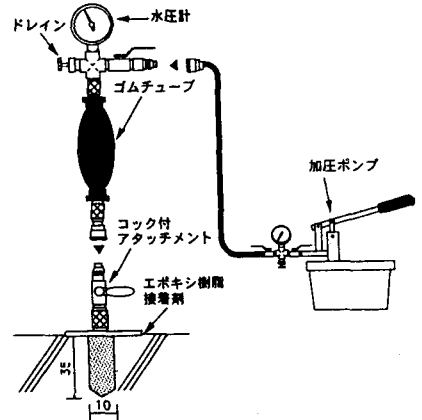


図1 簡易透水性試験の概要

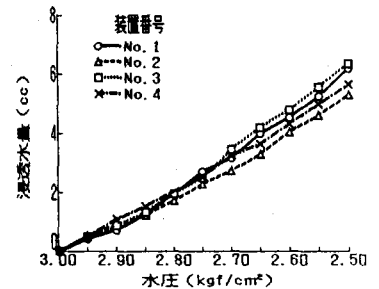


図2 透水量と水圧 P の関係

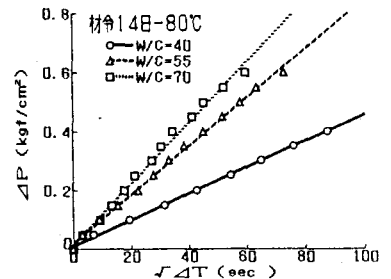


図3 測定例

表1 コンクリートの配合

打設記号	Gmax (cm)	W/C (%)	s/a (%)	目標		結果		単位量 (kg/m³)					
				SL (cm)	Air (%)	SL (cm)	Air (%)	W	C	S	G	AE	
W/C 40	20	40	40.0	8.0	6.0	8.8	4.4	174	435	651	1018	0.3480	
W/C 55	20	55	43.0	8.0	6.0	7.6	5.5	168	307	750	1037	0.1387	
W/C 70	20	70	46.0	8.0	6.0	8.7	4.8	169	241	828	1013	0.1036	

表1 測定結果の一覧

実験条件		封筒					40℃					80℃					105℃				
t (days)	W/C (%)	a (kgf/cm ² /sec ^{1/2})	V (%)	D _m (mm)	W' _t (%)	β ² (×10 ⁻⁴ cm ² /sec)	a (kgf/cm ² /sec ^{1/2})	V (%)	D _m (mm)	W' _t (%)	β ² (×10 ⁻⁴ cm ² /sec)	a (kgf/cm ² /sec ^{1/2})	V (%)	D _m (mm)	W' _t (%)	β ² (×10 ⁻⁴ cm ² /sec)	a (kgf/cm ² /sec ^{1/2})	V (%)	D _m (mm)	W' _t (%)	β ² (×10 ⁻⁴ cm ² /sec)
7	40	0.00150	31.4	12.7	73.9	112	0.00493	20.7	14.7	50.8	137	0.00780	12.8	17.5	18.0	176	0.00901	16.5	19.8	8.7	200
	70	0.00361	27.4	17.5	72.0	159	0.0291	23.2	25.0	33.7	—	0.0369	16.5	28.4	13.8	—	0.0485	13.5	29.3	3.9	—
14	40	0.00252	19.4	7.7	88.8	68.7	0.00284	16.1	10.5	73.6	94.1	0.00505	14.9	11.3	37.4	107	0.00830	16.3	16.7	8.0	165
	55	0.00146	24.7	8.0	85.0	65.0	0.00335	19.8	10.0	68.5	90.3	0.00759	18.6	15.4	35.6	150	0.0108	14.5	17.5	12.8	183
	70	0.00204	31.0	13.6	79.8	120	0.00731	24.1	19.0	47.2	185	0.0133	25.9	24.2	22.2	273	0.0155	26.5	26.6	14.5	327

大し、含水率 W'_t が70～80％程度の場合に比べ含水率 W'_t が5～10％の場合では、透水係数 a は3～15倍程度となる。このことは、乾燥によって透水係数 a が増加し、水密性が低下することを示しており、水分浸透が乾燥過程における一部ゲル部分の破壊による空隙の通導、連絡や水和程度の違いに主として影響され、一部sorptivityによる機構（毛細管張力をmotive forceとする）も含んだものとなっているためと考えられる。透水係数の変動は、水セメント比 W/C が40％で15～20％であるが、水セメント比 W/C が70％では25～30％となって、水セメント比 W/C が増加すると供試体自体の品質のパラツキが大きくなることを反映しているものと考えられる。また、含水率 W'_t が大きくなると変動係数 V は若干増加傾向を示し、絶乾に近い状態から湿润状態に近づくにつれて変動係数 V は5～10％程度大きくなる。しかしながら、本試験の変動係数 V は村田らの試験と同程度かそれ以下であり、この種の試験方法としては、精度的にはかなり良い部類に属すると考えられる。

4. 2 拡散係数 β^2 の評価

表2に拡散係数 β^2 の算定結果を併示した。拡散係数 β^2 は、水セメント比 W/C 、含水率 W'_t および材令との関係において、前述の簡易透水係数 a と同様の傾向が認められる。含水率 W'_t と β^2 の関係では、含水状態の変化に対する β^2 の変化は鈍く、 W'_t 70～80％以上でのほぼ一定値に対し、 W'_t 5～10％での β^2 の増加は3倍程度以下となる。透水深さ D_m は、簡易透水係数 a の変化に比べるとその変化は小さく、 β^2 が含水状態にあまり大きく左右されないのは、 D_m の変化に関連すると考えられる。図5に示すように、拡散係数 β^2 と簡易透水係数 a はほぼ直線関係を示し、簡易透水係数 a も水密性の指標値として利用できる可能性を示すものである。拡散係数 β^2 は、定圧下での値との比較、また、5～20kgf/cm²程度の圧力で行なわれている通常の透水試験との対比が今後の課題であが、本研究での β^2 の値は村田の求めた β^2_t の範囲（1～100×10⁻⁴cm²/sec程度）の中にあり、試験条件によりほぼ対応する値になっていることから、本拡張法による β^2 の評価はほぼ妥当なものとなっていることが伺われる。

5. むすび

インプット方式を応用したゴムチューブ使用による簡易透水試験は、試験時間も短く、操作も簡単であり現場試験に適しているが、実用化するには含水状態による補正を行なう必要がある。

〈参考文献〉 1) 村田二郎：コンクリートの水密性に関する研究、土木学会論文集、第77号、pp69～103、昭和36年11月

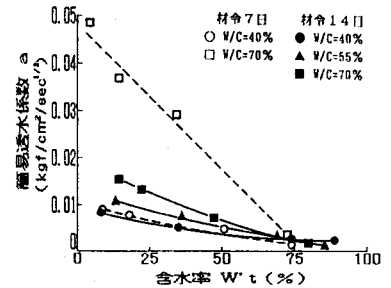


図4 透水係数と含水率 W'_t

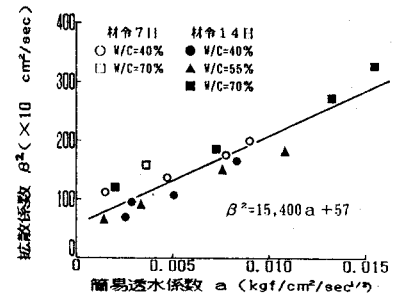


図5 拡散係数 β^2 と簡易透水係数 a