

ダブルチャンバー透水性試験法の開発とコンクリートの水密性の診断法に関する研究

九州産業大学大学院 学生会員 ○龍 幸廣
九州産業大学工学部 フェロー会員 豊福 俊泰
九州産業大学大学院 学生会員 中山 慎也

1. まえがき

構造物のかぶりコンクリートの品質診断法として、非破壊試験による現位置試験法の開発が課題となっている。そこで、本研究は、非破壊検査法のダブルチャンバー透水性試験法を開発するとともに、これを用いたコンクリートの水密性の診断法を検討したものである¹⁾。

2. 開発したダブルチャンバー透水性試験法の概要

ダブルチャンバー透水性試験の原理は、外側チャンバーでコンクリート構造物の表面に真空圧で吸着し、内側チャンバーに水頭圧を加えることにより透水量を試験するもので、現位置に係らず全方位で測定可能な試験法である(図-1 参照)。コンクリートの透水量 $w(\text{cm}^3)$ は式(1)から、透水性指数 $P(\text{m/sec})$ は式(2)から求められる。

$$W = W_1 - W_0 \quad (1)$$

$$P = \frac{G\rho w^2}{2tA^2Pu} \times 10^{-4} \quad (2)$$

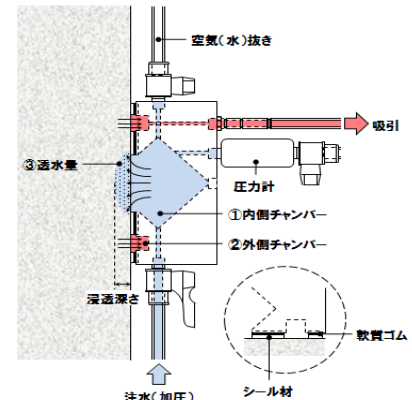
ここで、 w_1 ：透水終了時の水量(cm^3)、 w_0 ：透水開始時の水量(cm^3)、 G ：重力加速度(m/sec^2)、 ρ ：水の単位容積質量(g/cm^3)、 t ：透水時間(sec)、 A ：内側チャンバーの断面積(cm^2)、 P_u ：透水水圧(kPa)

試験装置は、構造物の測定方向[上面(下向き -90°)～側面(水平 0°)～下面(上向き $+90^\circ$)]に拘わらず内側チャンバー内($\phi 50 \text{ mm}$)の空気泡を全て排除するため、内面を傾斜させエア抜きパイプを設けた構造とした。また、内側チャンバー内を加圧水で満たした状態で漏水なしに透水量を測定するため、構造物表面に貼付けたシール材(極軟質紙粘土)に、チャンバー部表面の極軟質ゴムを真空圧で密着させる方法とした。

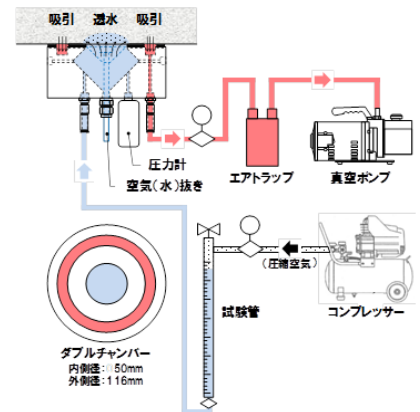
3. 試験方法の検討

試験方法は、普通 15, 22, 30, 45 コンクリートのモルタル、 W 変化の普通 30 コンクリートで検討した(表-1 参照)。透水性試験は、透水水圧を 5, 30, 55, 80kpa, 透水時間を 5～20 分間と変えて試験後、中央部の断面で割裂して透水部分の全平均浸透深さ、 $\phi 50 \text{ mm}$ 平均浸透深さ、最大浸透深さを測定し、透水状況を調べた。また、水分損失量(kg/m^2)は、ASTM C-390 に基づき $15 \times 30 \times 4 \text{ cm}$ の容器上面(3 個)で測定した。

試験の結果、図-2から、透水量は、透水水圧(最大 80 kpa 程度まで可能)が高いほど多くなっており、いずれも試験開始直後の 1 分間が最多で、その後 2 分程度を変曲点に徐々に低減して 15 分程度から直線的な増加となっている。透水量の増加に伴う内側チャンバー面の $\phi 50 \text{ mm}$ 平均浸透深さは、図-3から、 1 cm^3 程度を変曲点に増加しており、高水圧ほど透水



(a) 試験原理



(b) 試験装置

図-1 ダブルチャンバー透水性試験による試験方法

表-1 試験計画

供試体の種類	水セメント比 W/C(%) (W/C: kg/m^3)	材齢 (年)	供試体 (cm)
M15	86(270/314)	3	透水用 供試体 $\phi 15 \times 4$
M22	80(270/337)		
M30	68(270/397)		
M45	54(272/504)		
C30	55(270/491)	1	柱部材 高さ $60 \times 20 \times 50$ 床部材 高さ $20 \times 60 \times 50$ 水分損失 $15 \times 30 \times 4$
	35(292/833)		
	61(W=185)		
	54(W=164)	2	
	49(W=150)		

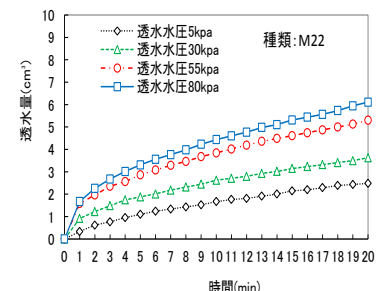


図-2 透水時間と透水量
(透水水圧別, M22, 方向 $-90 \cdot 0 \cdot 90$ 平均)

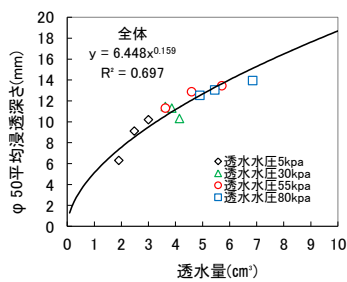


図-3 透水量とφ50mm 平均浸透深さ(透水圧別, 透水時間 20 分, M15・M22・M30, 方向 -90・0・90°平均)

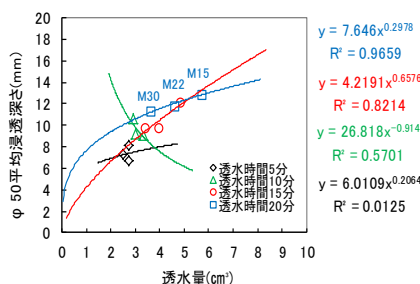


図-4 透水量とφ50mm 平均浸透深さ(透水時間別, 水圧 55kpa, M15・M22・M30, 方向-90・0・90°平均)

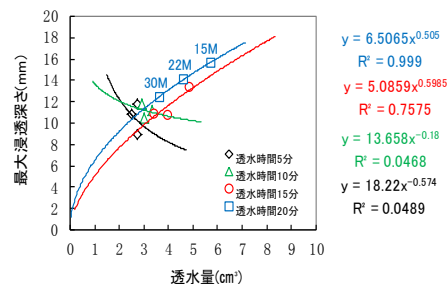


図-5 透水量と最大浸透深さ(透水時間別, 水圧 55kpa, M15・M22・M30, 方向-90・0・90°平均)

量が多く累乗式関係となっている。図-4・図-5 から、透水時間が長いほど透水量が増加するが、これに伴う φ50mm 平均浸透深さ、最大浸透深さとの関係は、透水時間が長くなるほど相関性が強くなっている。

そこで、試験方法を透水圧 55kpa, 透水時間 20 分に定めることとしたが、この場合、図-6・図-7 から測定方向に拘わらず透水量がほぼ一定(全方向で測定可能)であり、低品質のモルタルほど透水量が多くなっており、コンクリート品質を再現していると評価される。構造物用として用途が多い普通 24 コンクリートの場合、透水量 4cm³ 程度で、かぶり(φ50mm 内平均浸透深さ)14mm 程度までの品質が測定される。

4. 水密性の診断法

水密性は、透水あるいは透湿に対する抵抗性を表す品質であり、既往の実績から水セメント比 W/C=55%以下であれば確保されることが確認されており、透水係数 K_k から水密性に対する照査を行うことが規定されており、この試験方法は米国開拓局の方法(アウトプット法)または DIN 1048(インプット法)によるとしている²⁾。図-8 は、本試験の結果から P 値と W/C・水分損失量との関係を求めたものであるが、W/C が大きいほど水分損失量が多く(乾燥量が多い)、P 値が大きくなる関係が認められる。これは、既往の研究結果に基づいて得られた示方書〔設計編〕²⁾の式(解 4.3.1) $\log K_k = 4.3 \cdot W/C - 2.5$ による関係とも全体的に合っており、普遍性があるものと判断される。

以上のことから、W/C=55%以下の場合、水密性が高いため水分損失量が少なく透水量が少なく、P 値が 1×10^{-10} m/s 程度以下になっており、ダブルチャンバー透水性試験法によって構造物が位置する全方位のかぶりコンクリートの水密性を診断することが可能となると考える。

5. まとめ

ダブルチャンバー透水性試験法を開発し、透水圧 55kpa, 透水時間 20 分とする方法によって測定した P 値によって、構造物が位置する全方位のかぶりコンクリートの品質(水密性)を診断する方法を提案した。

参考文献

- 1) 豊福俊泰・彌永育代・中山慎也・龍幸廣：ダブルチャンバー透気性試験・透水性試験法・エコーチップ法によるかぶりコンクリートの品質診断法の開発，土木学会西部支部平成 25 年度技術発表会論文集，pp. 31～36，2013. 11. 22
- 2) 土木学会：コンクリート標準示方書〔設計編〕・〔施工編〕，2013. 3

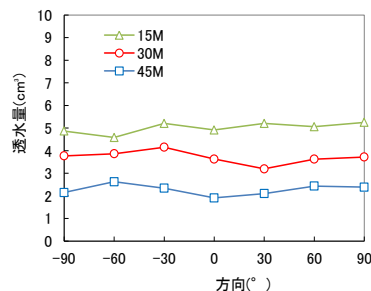


図-6 方向と透水量(供試体の種類別, 透水圧 55kpa, 透水時間 20 分)

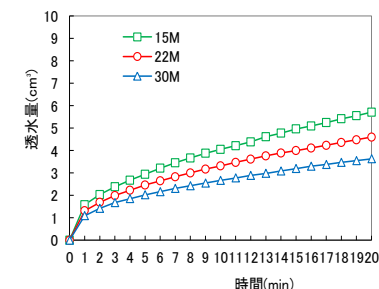


図-7 透水時間と透水量(供試体の種類別, 透水圧 55kpa, 方向-90・0・90°平均)

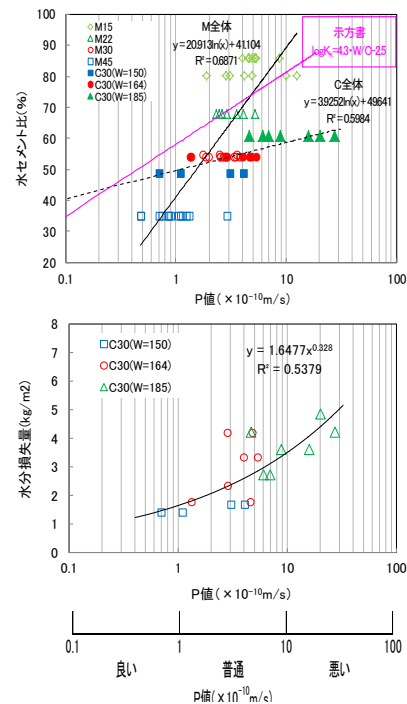


図-8 P 値と水セメント比・水分損失量(供試体の種類別, 透水圧 55kpa, 透水時間 20 分, 方向-90・0・90°)