

# 有効吸水量に基づくコンクリートの品質評価方法の開発

日大生産工(研) 吉野 進也 日大生産工 湯浅 昇  
日大生産工 松井 勇 日大生産工 笠井 芳夫

## 1. まえがき

コンクリートは、典型的な多孔材料であり、細孔構造が強度や物質透過性を決定づけていることは、多くの研究者の研究<sup>1)</sup>により示唆されているところである。筆者らは、水銀圧入法により細孔構造を測定することで、圧縮強度、水セメント比、中性化抵抗性、塩化物浸透抵抗性、耐凍結融解性を評価する手法を提案<sup>2)</sup>しているが、水銀圧入装置が非常に高価であること、水銀を使用することから、実験方法が簡易とはいえない問題点があった。

本研究は、安易で簡易な吸水法<sup>3)</sup>による細孔量測定に着目し、吸水法による有効吸水量と、水銀圧入法による総有効細孔量を比較し、

圧縮強度、水セメント比、中性化抵抗性、塩化物浸透抵抗性を評価する方法を提案するものである。

## 2. 試験方法の概要

### 2.1 コンクリート塊の採取

コンクリートの表層は、脱型、中性化によりその内部と品質が異なることが知られている<sup>4)</sup>。コンクリートの材料、調合に関してコンクリートの品質を評価することを目的としていれば、5cm以上深い位置から試料を採取する。採取に当たっては、小径コアを用いるほか、はつりによるコンクリート小塊、地震被災時には、崩壊したコンクリート部材から入手しやすい玉子大程度のコンクリート塊を採取する。

### 2.2 有効吸水量の測定

#### (1) 試料の吸水量の測定

採取コンクリート塊を2.5~5.0mmの粒度に調整した後、アセトン処理及びD-dry処理(48時間)をおこなって試料を作製し、吸水量は、次の手順によって求めることとした。

試料の質量  $W_0$  (2g程度)を測定した後、この試料を純水(100cc)にて10分間吸水させた後、シャーレー内ろ紙(5種C)上にて24時間保管(写真-1参照)することにより表乾状態とする。

シャーレー内で24時間保管した後、試料の表乾質量  $W_i$  (g)を測定し、式(1)により吸水量  $V_{mp}$  (g/g)を求める。

$$\text{吸水量 } V_{mp} = (\text{試料の表乾質量 } W_i - \text{試料の質量 } W_0) / (\text{試料の質量 } W_0) \quad (1)$$

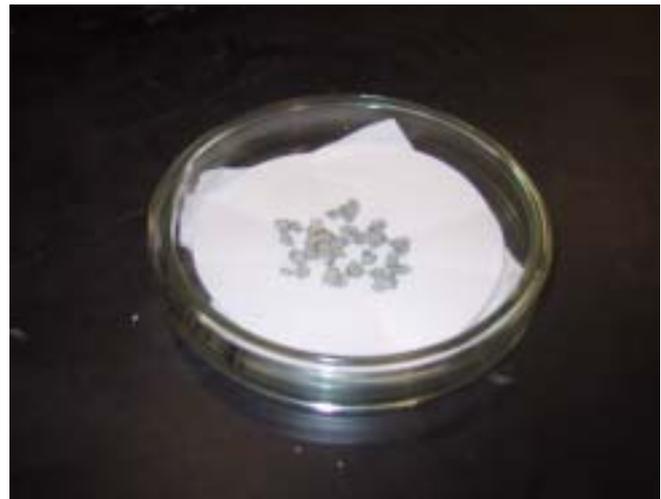


写真 - 1 試料の保管状況

Testing Method for Structural Concrete Qualities by Effective Absorption Volume

Shinya YOSHINO, Noboru YUASA, Yoshio KASAI and Isamu MATSUI

(2) 試料のセメントペースト率(溶解率)の測定

試料のセメントペースト率(溶解率  $WR_s$  (g/g))を求めるため、吸水量の測定に供した試料を10%塩酸溶液中で2時間攪拌し、セメントペースト部分を溶解させ、600 で1時間強熱した後の不溶残分質量  $W_{ns}$  (g)を測定し、式(2)により溶解率  $WR_s$  (g/g)を求める。

$$\text{溶解率 } WR_s = (\text{試料の質量 } W_0 - \text{不溶残分質量 } W_{ns}) / (\text{試料の質量 } W_0) \quad (2)$$

(3) 有効吸水量の計算

式(1)より求めた吸水量  $V_{mp}$  (g/g)と、式(2)で求めた溶解率  $WR_s$  (g/g)を用いて、式(3)より硬化セメントペースト当たりの吸水量(有効吸水量  $V_{ep}$  (g/g))を求める。

$$\text{有効吸水量 } V_{ep} = (\text{試料の吸水量 } V_{mp}) / (\text{溶解率 } WR_s) \quad (3)$$

3. 有効吸水量と総有効細孔量の比較

図-1に有効吸水量と総有効細孔量の関係を示した。図-1により、単純に有効吸水量と総有効細孔量を比較した場合、有効吸水量:総有効細孔量 = 1:0.81の関係があり、これまで示した水銀圧入法により測定した総有効細孔量とコンクリートの各種品質との関係を、有効吸水量で検討することが可能であることがわかった。

4. コンクリートの品質評価方法

4.1 圧縮強度の推定

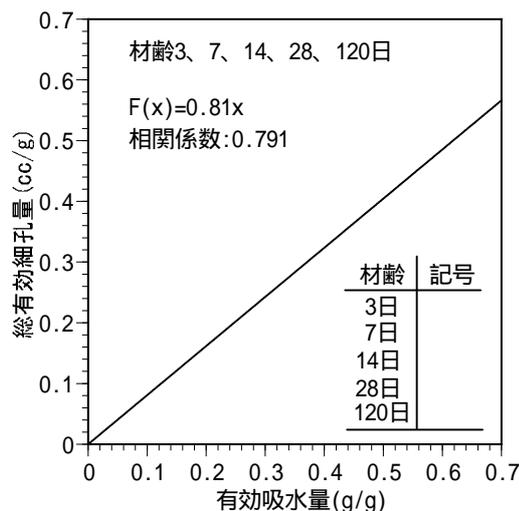


図-1 有効吸水量と総有効細孔量の関係

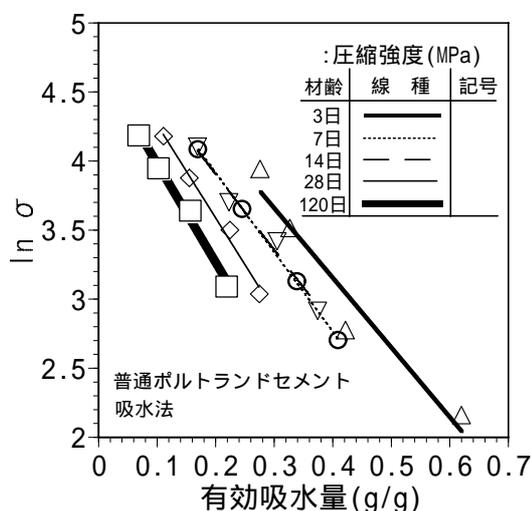


図-2 有効吸水量と圧縮強度の自然対数

細孔構造から圧縮強度を推定する技術は、Ryshkewitchをはじめ多くの研究者により確立されてきたものである。

図-2に有効吸水量と圧縮強度の自然対数の関係を示した。表-1に有効吸水量と圧縮強度の自然対数に関する近似式を示した。細孔量と強度との関係式  $= A \times \exp(-B \times V)$  が、有効吸水量と圧縮強度の関係にも適用できることを示している。式(4)は筆者らの

表-1 有効吸水量と圧縮強度の自然対数表の近似式

材齢	3日	7日	14日	28日	120日
近似式	$=176 \times \exp(-5.04V)$	$=158 \times \exp(-5.74V)$	$=148 \times \exp(-5.47V)$	$=140 \times \exp(-6.76V)$	$=103 \times \exp(-7.15V)$
相関係数	-0.940	-1.000	-0.987	-0.989	-0.990

\* : 圧縮強度 (MPa), V: 有効吸水量 (g/g)

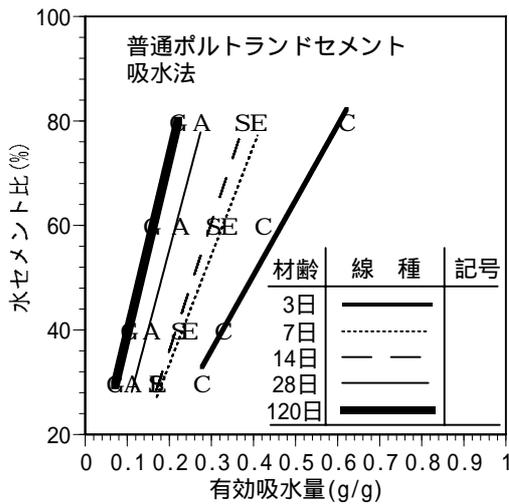


図 - 3 有効吸水量と水セメント比の関係

研究<sup>3)</sup>による、材齢 120 日までのコンクリートの圧縮強度推定式 (4) である。

$$= (-19.10 \times \ln(d) + 197.74) \times \exp\left(-\frac{6.84Vd}{d+1.29}\right) \quad (4)$$

ここに、 $\sigma_c$  : 圧縮強度(MPa),  $d$  : 材齢(日),  $V$  : 有効吸水量(g/g)

#### 4.2 水セメント比の評価

図 - 3 は有効吸水量と水セメント比の関係を示したものである。どの材齢も有効吸水量と水セメント比は直線で近似されている結果となっており、近似式を示すと表 - 2 の通りとなった。式 (5) は、これらの近似式の傾き及び切片に基づき、筆者らの研究<sup>3)</sup>により提案された硬化コンクリートの水セメント比推定式である。

$$W/C = \frac{347.2d}{d+4.7} - 5.3 \quad (5)$$

ここに、 $W/C$  : 水セメント比(%),  $d$  : 材齢(日),  $V$  : 有効吸水量(g/g)

表 - 2 有効吸水量と水セメント比の近似式

材齢	3日	7日	14日	28日	120日
近似式	$f(x)=143.5x-6.4$	$f(x)=209.0x-8.3$	$f(x)=244.6x-12.8$	$f(x)=303.7x-5.4$	$f(x)=337.1x+6.5$
相関係数	0.965	0.979	0.993	0.988	0.999

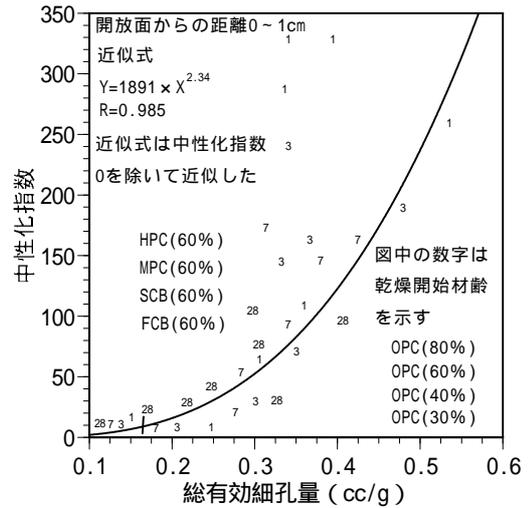


図 - 4 水銀圧入法による総有効細孔量と中性化指数の関係

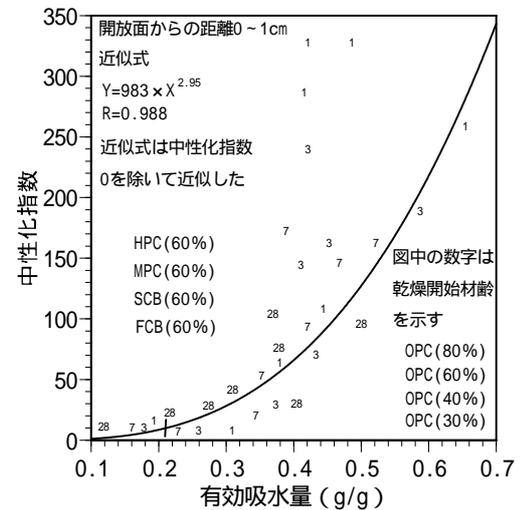


図 - 5 有効吸水量と中性化指数の関係

#### 4.3 中性化抵抗性

図 - 4 は、筆者らの既往の研究<sup>5)</sup>で示した水銀圧入法による総有効細孔量と中性化指数の関係である。図 - 5 は、図 - 1 で示した関係を、図 - 4 を有効吸水量と中性化指数との関係に直したものである。これにより、有効吸水量から中性化の進行予測が可能である。

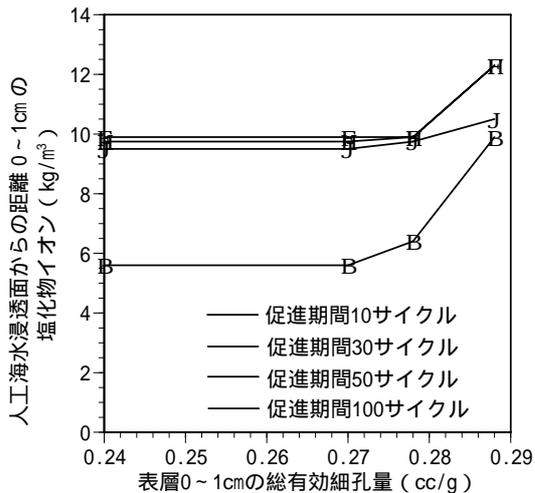


図 - 6 水銀圧入法による総有効細孔量と塩化物イオン量の関係

ここでいう中性化指数とは、次式によって求められる中性化のしやすさを示している。

$$C_F = D_C \times P_f / P_{10} \quad (6)$$

ここでは  $C_F$  : 中性化指数,  $P_{10}$  : 中性化深さが 10mm に達した時の促進期間(週),  $D_C$  : 中性化深さ 10mm、または促進期間 26 週での中性化深さ (mm),  $P_f$  : 試験終了を予定している促進期間 (26 (週)) を示している。

#### 4.4 塩化物浸透抵抗性の評価

図 - 6 は、筆者らの既往の研究<sup>6)</sup>で示した水銀圧入法による総有効細孔量と塩化物イオン量の関係である。図 - 7 は、図 - 1 で示した関係を、図 - 6 を有効吸水量と塩化物イオン量との関係に直したものである。これにより、有効吸水量から塩化物浸透速度の予測が可能である。

この結果は温度 20℃、湿度 60% の恒温恒湿室において、試験体の片面について、人工海水浸漬 6 時間、乾燥 18 時間を 1 サイクルとした浸漬乾燥繰り返し実験を行ったもので、もう一方の面は試験実施中は常に温度 20℃、湿度 60% の空气中に開放させる。有効吸水量が 0.33g/g 以下では、浸透速度に差が認められない。それ以上では、有効吸水量が多いほど、

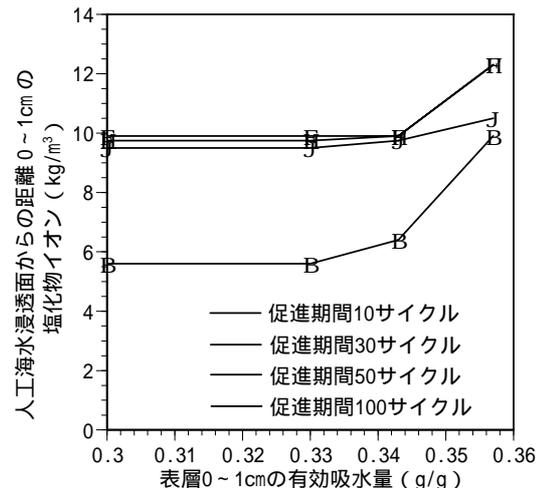


図 - 7 有効吸水量と塩化物イオン量の関係

塩化物イオン量の浸透が早期ほど早いことを示している。

#### 5. おわりに

コンクリートの有効吸水量に基づいて、コンクリートの水セメント比、圧縮強度、中性化抵抗性、塩化物浸透抵抗性を評価する方法を提案した。コンクリートの微破壊試験方法として、その有効性が期待できる。

#### 【参考文献】

- 1) 吉野利幸、鎌田英治、桂 修、空隙指標で表したコンクリート強度式の提案とその検証、コンクリート工学論文集、Vol.7, No.2, pp.65-77(1996)
- 2) 湯浅昇、笠井芳夫、松井勇、篠崎幸代、細孔構造によるコンクリート品質評価方法、コンクリートの試験方法に関するシンポジウム報告集第 2 編、pp.67-70(2003)
- 3) 吉野進也、湯浅昇、笠井芳夫、松井勇、有効吸水量に基づく水セメント比、圧縮強度推定方法、日本建築学会学術講演梗概集、2004 年度大会、pp.201-202(2004)
- 4) 湯浅昇、笠井芳夫、松井勇、構造体コンクリートの表層から内部にいたる圧縮強度分布、セメント協会セメント・コンクリート論文集、No.51、pp.840-845(1997)
- 5) 湯浅昇、笠井芳夫、松井勇、表層コンクリートの中性化抵抗性、第 25 回セメント・コンクリート研究討論会論文報告集、pp.149-154(1998)
- 6) 湯浅昇、表層コンクリートの品質に関する基礎的研究、日本大学博士学位論文、(1998)