

ひび割れからの透気量に及ぼすコンクリート強度の影響

愛媛大学工学部 正会員 氏家 勲
今治造船（株） 馬場 徹

1. はじめに

水密性あるいは気密性を要求されるコンクリート構造物において、ひび割れの存在は直接的にその性能低下に関与する。性能照査型設計法において、使用性能である水密性および気密性を照査するためにはひび割れを考慮した透水量あるいは透気量の予測方法を確立することが必要である。本研究はコンクリート強度の異なる両引供試体を用いて、ひび割れの表面形状の違いがひび割れからの透気量に及ぼす影響を実験的に検討したものである。

2. 実験概要

本実験ではひび割れの表面形状の測定にはφ15×10cmの円柱供試体を、ひび割れ部からの透気量測定には15×15×40cmでD19のネジ節鉄筋を中央に配置した両引供試体を使用した。用いたコンクリートの水セメント比は30、50、65%の3通りとし、材齢14日まで湿布養生を行った。ひび割れ表面形状は円柱供試体を割裂により2分割し、その破断面をレーザー変位計（分解能0.5μm、測定範囲±8mm、最小スポット径45×20μm）と移動ステージ（分解能0.5μm、移動平行度10μm以下）およびコンピューターからなる3次元表面形状計測システムを用いて測定した。それぞれの配合で5体の供試体の関して90×90mmの範囲を既往の研究¹⁾を参考にし100μm間隔で測定した。ひび割れからの透気量の測定は以下の手順で行った。両引供試体の中央の相対する2面には深さ1cmの切欠きが設けてあり、正負の曲げにひび割れを発生させる。その後、切欠きを設けた面にアクリル容器を取り付け、その他の面はエポキシ樹脂系接着剤で気密処理を行った。そして図-1に示すように反力フレームに供試体を取り付け、鉄筋に一定の引張力を与えてひび割れ幅を制御してひび割れからの透気量を流量計で測定した。ひび割れ幅はホイットモア型ひずみ計（最小目盛り1/1000mm）を用いて、アクリル容器を取り付けた面と垂直な面に標点（標点間隔55mm）をそれぞれ3箇所取り付け、曲げを与える前を基準としてその増加量をひび割れ幅とした。所定のひび割れ幅に対して、透気圧力を0.02～0.1N/mm²まで0.02N/mm²おきに増加させ、圧力を与えて1時間後に透気量を測定した。この測定を各配合で4体、ひび割れ幅を約0.05mmから0.2mmまで変化させて繰り返した。

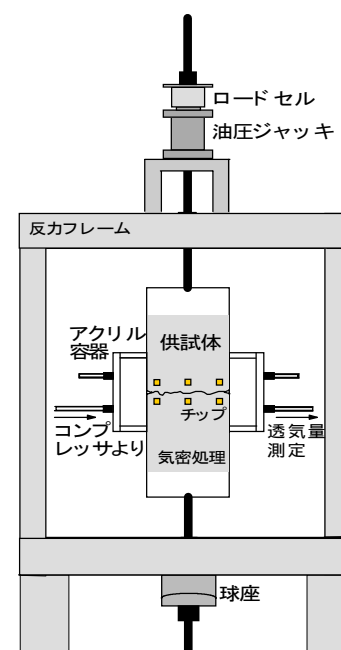


図-1 透気試験概要

3. 実験結果および考察

表-1は割裂した円柱供試体の破断面で測定した表面形状の結果を示す。表面積比は測定範囲の面積に対する隣接する3点の測定点で形成される三角形の面積を合計したものの比率である。流路長比は移動平均により着目点とその前後5点の測定値を平均して得られた値を用いて計算された表面積比を1/2乗したものである。平均粗さは実測値と移動平均値の差を全測定点数で平均したものである。また、表-1には材

表-1 ひび割れの表面形状と圧縮強度

W/C (%)	表面積比	流路長比	平均粗さ (μm)	圧縮強度 (MPa)	流路長比 [両引]
30	1.31	1.08	45	70.1	1.06
50	1.45	1.12	55	44.2	1.08
65	1.57	1.14	59	29.3	1.15

齢14日に測定した圧縮強度と両引供試体の切欠きのない側面でプラニメータにより測定した値による流路長比も示している。表面積比、流路長比および平均粗さは水セメント比が小さくなるにつれて、即ちコンクリート強度

キーワード：ひび割れ、透気、ひび割れ表面粗さ、ポアズイユ流れ、コンクリート強度

連絡先：〒790-8577 松山市文京町3番 愛媛大学工学部、TEL：089-927-9819、FAX：089-927-9842

リートの強度が高くなるにつれて小さくなっており、相対的にひび割れ表面が滑らかになっている。また、移動平均より求めた流路長比は透気試験を行った両引供試体の側面より求めた流路長比とほぼ一致している。

図 - 2 はそれぞれの配合でのひび割れ幅と透気量の関係

を示す。図中の実線はひび割れを平行平板とみなし、ひび割れ内の流れにポアズイユの法則を適用して得た次式による透気量 q である。

$$q = \frac{1}{12c} \frac{bw^3}{\mu} \frac{P_1^2 - P_0^2}{2P_0L} \quad (1)$$

ここで、 b ：ひび割れ長、 w ：ひび割れ幅、 L ：流路長、 P_1 ：作用圧力、 P_0 ：流出側圧力、 μ ：粘性係数、 c ：ひび割れの曲がりや表面粗さなどの影響を考慮する補正係数である。既往の研究²⁾と同様に、ひび割れからの透気量は $c = 1$ とした(1)式より小さくなっている。(1)式が成り立つのであれば、摩擦損失係数はレイノルズ数に反比例することから、本研究では摩擦損失係数とレイノルズ数の関係から補正係数 c を求めた。図 - 3 は作用圧力 0.1N/mm^2 の場合を示す。図中の直線は摩擦損失係数がレイノルズ数に反比例するとして、最小二乗法により求めたものである。ひび割れが平行平板と見なせるならば $f = 12/R_e$ となるが、どの配合も反比例の係数は大きな値となっている。図 - 4 は図 - 3 のようにして求めた反比例の係数を 12 で除して求めた補正係数 c と作用圧力の関係を示す。水セメント比 50% と 65% の作用圧力 0.02N/mm^2 における補正係数 c が他の作用圧力の場合より、若干大きくなっているが、補正係数 c には作用圧力はほとんど影響しないと思われる。

図 - 5 は補正係数 c と圧縮強度の関係を示す。補正係数 c はそれぞれの作用圧力での値を平均したものであり、圧縮強度は材齢 14 日における結果である。補正係数 c は圧縮強度が高くなるにつれて小さくなっている。これは表 - 1 に示したように強度が高くなるにつれて、ひび割れ表面が滑らかになるためである。表 - 1 からひび割れの曲がりによる流路長の増加は本実験で最も大きい水セメント比 65% の場合に 1.15 倍であり、補正係数 c にはひび割れの曲がりよりひび割れ表面の凹凸が大きく影響すると考えられる。

4. まとめ

ポアズイユの法則に基づくひび割れからの透気量の評価式に含まれる補正係数はコンクリート強度が高くなるにつれてひび割れ表面が滑らかとなるため、小さくなった。また、補正係数にはひび割れの曲がりよりひび割れ表面の粗さが大きく影響する。今後はひび割れ表面形状とコンクリート強度の関係のデータを蓄積する必要があり、コンクリート強度を用いて補正係数を決定し、ひび割れからの透気量あるいは透水量を評価できると考えている。

<参考文献> 1) 氏家勲, 浅井文貴, 佐藤良一：ひび割れ表面粗さとひび割れ部の透気・透水性に関する研究, コンクリート工学年次論文報告集, Vol. 21, No. 2, pp. 841-846, 1999. 2) 鈴木敏郎ほか：ひび割れの生じたコンクリート壁からの気体漏洩に関する実験研究, 日本建築学会構造系論文報告集, 第 384 号, pp. 15-24, 1988.

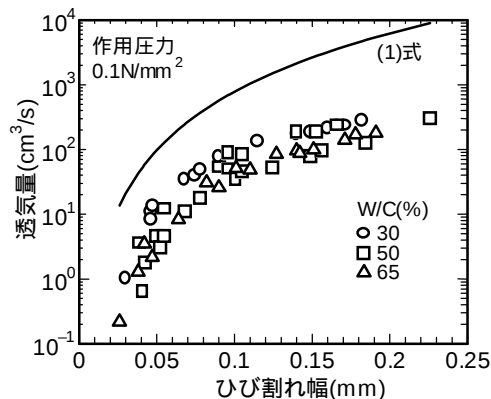


図 - 2 ひび割れ幅と透気量の関係

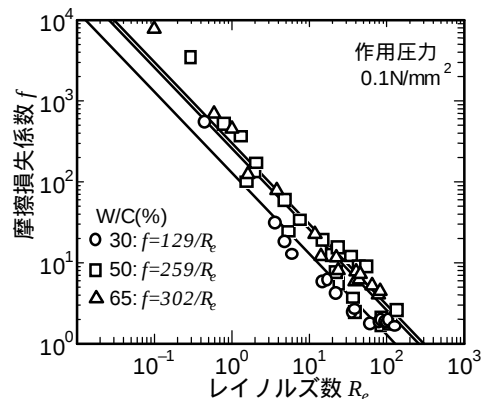


図 - 3 摩擦損失係数とレイノルズ数の関係

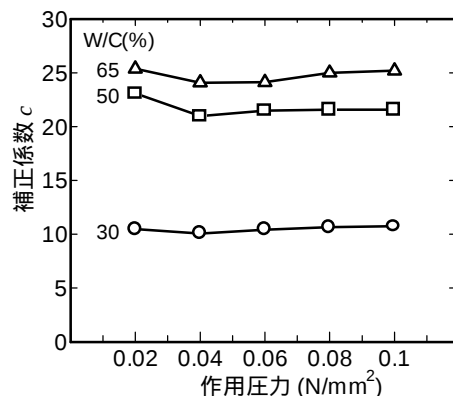


図 - 4 補正係数と作用圧力の関係

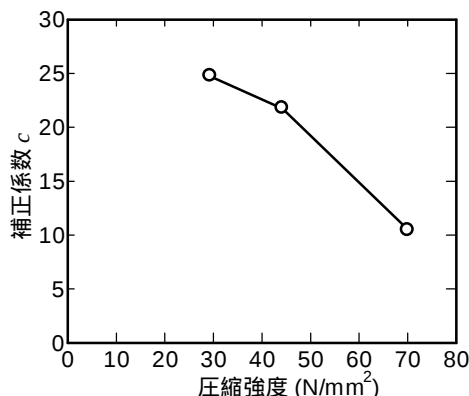


図 - 5 補正係数と圧縮強度の関係