

割裂引張強度試験を利用したひび割れを有するコンクリートのガス透過性

群馬大学大学院 学生会員 ○石井 利昭

三機工業株式会社 正会員 町田 芳嗣

群馬大学工学部 正会員 杉山 隆文

1. はじめに

コンクリート構造物のひび割れは、耐久性や水密性を低下させる要因である。しかし、ひび割れを有するコンクリートの物質透過性は、まだ十分に解明されていない。そこで、本研究では割裂引張強度試験とガス透過試験を同時に行える試験装置を用いて、ひび割れを有するコンクリートのガス透過性を実験的に調べた。

2. 供試体の配合と使用材料

表-1 示方配合および諸性状

粗骨材の 最大寸法 (mm)	水結合材比 (%)	スランブ フロー (mm)	V漏斗 流下時間 (秒)	空気量 (%)	単位粗骨材 絶対容積 (m^3/m^3)	単位量(kg/m^3)						圧縮強度 (N/mm^2)	割裂 引張強度 (N/mm^2)
						水 W	セメント S	混和材 LP	細骨材 S	粗骨材 G	高性能 AE減水剤		
20	35	660 ± 20	15~18	4.5	0.28	160	457	97	884	809	10	58.0	4.2

供試体の配合を表-1に示す。供試体は粉体系高流動コンクリートである。セメントには低熱ポルトランドセメント、混和材には密度が $2.71\text{g}/\text{cm}^3$ の石灰石微粉末、細骨材には密度が $2.61\sim 2.63\text{g}/\text{cm}^3$ 、吸水率が $1.35\sim 1.65\%$ の陸砂、粗骨材には最大寸法が 20mm 、密度が $2.86\sim 2.90\text{g}/\text{cm}^3$ 、吸水率が $0.73\sim 0.77\%$ の碎石を使用した。また、高性能 AE 減水剤の添加量は粉体量 $\times 1.8\%$ である。空気量は AE 剤を適宜使用し調整した。圧縮強度および割裂引張強度は材齢 28 日での試験結果である。

3. 供試体の形状寸法および配筋

供試体には、割裂引張強度試験下で発生するひび割れ幅を制御することを目的とし、図-1に示すように D6 鉄筋を 6 本配置した。供試体は標準寸法の円柱型枠(直径: 150mm 、高さ: 300mm)で作製し、上下 50mm をカッティングし直径 150mm 、高さ 200mm の円柱供試体とした。作製した供試体は 8 体である。

4. ガス透過試験装置の概要

試験装置の概要を図-2に示す。供試体の両断面の中央部に π ゲージ、中央部から上下 10mm の高さの位置にひずみゲージを貼付した。供試体は水中養生後、気中に 24 時間放置し、化学反応形接着剤でゴムシートと接着し、そのゴムシートと接着した供試体をガス透過試験装置に設置し、ステンレスクランプを用いて密閉した。透過させるガスは窒素ガスを用いた。測定項目は、載荷荷重、ガスの圧力、ガス透過量、コンクリートひずみ、ひび割れ幅であり、それぞれデータロガーを介してパソコンに入力し、2 秒毎にモニタリングした。また、ガス透過量は $1000\text{mL}/\text{min}$ まではガス流入側に設置した流量計で測定し、その後はガス流出側に設置した流量計で測定した。

5. 試験方法

割裂引張強度試験では、供試体の両断面に発生するひび割れの発生荷重は同一でなく、また、同一荷重に対して異なるひび割れ幅を示す。そこで、便宜上図-3に示す

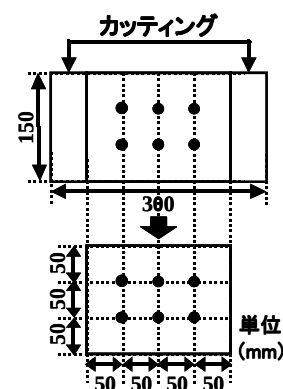


図-1 配筋図

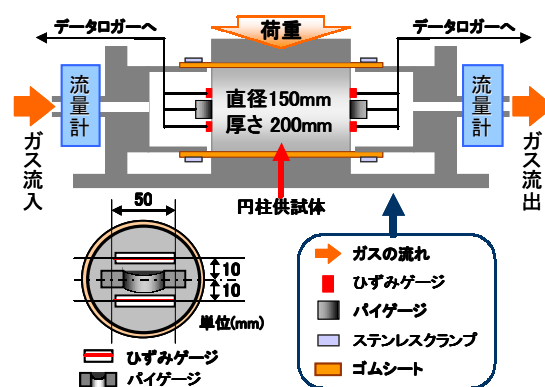
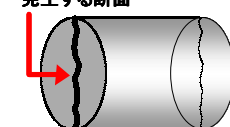


図-2 試験装置の概要

最初にひび割れが発生する断面



ひび割れ幅 W_L ひび割れ幅 W_S
($W_L > W_S$: 同一荷重)

図-3 2種類のひび割れ幅

キーワード：高流動コンクリート、割裂引張強度試験、ガス透過性、ひび割れ

連絡先：群馬県桐生市天神町 1-5-1 TEL 0277-30-1613 FAX 0277-30-1601

ように2つのひび割れ幅(W_L , W_S)を定義した。表-2に検討したひび割れ幅を示す。本研究では W_S の値を制御し、それぞれの W_S の値により Stage と称して Stage1～Stage6 まで分類した。一方、 W_L については制御していないため表-2に示すように、8体の供試体毎に同一の W_S に対して異なる値であった。

ひび割れ幅の制御方法の一例として、試験開始から終了までのひび割れ幅および、荷重の関係を図-4に示す。まずひび割れが貫通するまで載荷した後、5kNまで除荷する。その後、段階的に所定の W_S に保持した。各ひび割れ幅でガス透過試験を行った。ガス透過試験はガスの圧力を 0.02MPa～0.18MPa(0.02MPa 間隔)まで与え、所定のガスの圧力でガス透過量をそれぞれ測定した。

6. 試験結果

6.1 ガス透過試験結果

各ガスの圧力におけるガス透過量とひび割れ幅の関係を図-5に示す。同一のガスの圧力において、ガス透過量はひび割れ幅の増加と共に増加し、両者の関係は比例関係ではない。8体の供試体に対する Stage1 の試験結果を図-6に示す。ガス透過量はガスの圧力の増加と共に増加し、両者の関係は比例関係ではない。また、ガス透過量の大小関係は W_L の大小関係と概ね一致している。

6.2 透気係数の計算

次に示す式を用いて透気係数を計算した。

$$k = \frac{2\mu Q_2 P_2 L}{(A_1 - A_2)(P_1^2 - P_2^2)} \ln \frac{A_1}{A_2} \quad (1)$$

ここで、 k ：透気係数(mm²)、 μ ：窒素ガスの粘性(Pa・s)、 L ：供試体長さ(mm)、 P_1 ：ガスの圧力+大気圧(N/mm²)、 P_2 ：大気圧(N/mm²)、 Q_2 ：ガス流出側のガス透過量(mL/min)、 A_1 ：ガス流入側供試体断面のひび割れ断面積(mm²)、 A_2 ：ガス流出側供試体断面のひび割れ断面積(mm²)である。(1)式はひび割れ幅が両断面で異なることを考慮したものである。

同一供試体における各 Stage での透気係数とガスの圧力の関係を図-7に示す。透気係数はガスの圧力の増加と共に徐々に一定値を示す傾向が見られた。また、透気係数はひび割れ幅の増加により増加している。

鉄筋の配置によりガスの流れが変化することも考えられるが、今回は図-1に示す配筋方法で行った透気係数の結果である。

7. まとめ

- ①ガス透過量は、ガスの圧力およびひび割れ幅に依存し、それぞれ両者の関係は比例関係ではない。
- ② W_S が同一の場合、ガス透過量の大小関係は、 W_L の大小関係と概ね一致する。
- ③透気係数は、ガスの圧力の増加と共に一定値を示す傾向があり、また、ひび割れ幅の増加で増加した。

表-2 Stage の分類

Stage	ひび割れ幅(mm)	
	W_S	W_L
1	0.050	0.120～0.268
2	0.075	0.170～0.331
3	0.100	0.222～0.386
4	0.125	0.265～0.461
5	0.150	0.301～0.525
6	0.175	0.334～0.675

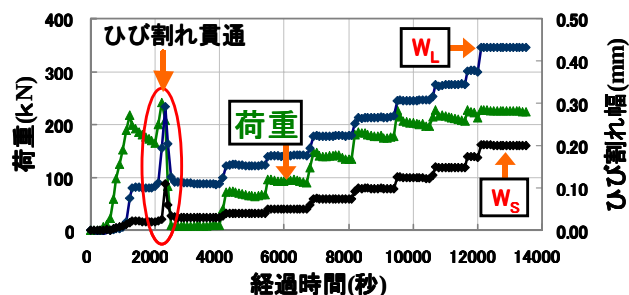


図-4 試験結果の一例

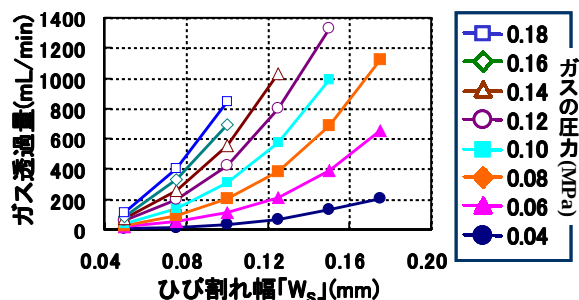


図-5 ガス透過量とひび割れ幅の関係

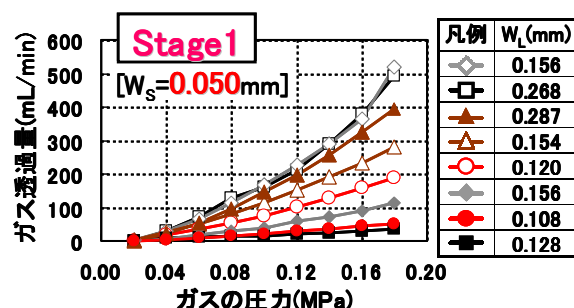


図-6 Stage1 における試験結果

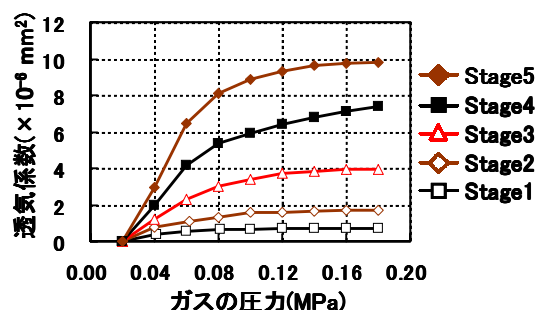


図-7 透気係数を適用した一例