

コンクリート部材の乾燥収縮ひび割れ性状に及ぼす断面寸法の影響

長岡技術科学大学大学院 学生会員 青木 優介
長岡技術科学大学 正会員 下村 匠

1. はじめに

コンクリート部材の乾燥収縮ひび割れ性状には、コンクリートの自由収縮特性、応力－ひずみ関係、ひび割れ発生条件が関係する。本稿は、乾燥収縮が一軸線拘束されたコンクリート部材の断面平均の応力－ひずみ関係およびひび割れ発生応力に及ぼす、部材断面寸法の影響を検討したものである。部材断面寸法は乾燥面積体積比（ S/V ）に代表される。コンクリートの部材断面寸法が変化した場合、①断面平均の乾燥収縮の導入速度が異なること、②乾燥収縮の内部拘束が卓越する周辺部が断面全体に占める割合が異なること、の影響が考えられる。ここでは②に焦点をあて検討する。

2. 試験区間の S/V を変化させたコンクリートの一軸拘束収縮試験

供試体の概要を図－1に示す。2面乾燥供試体は試験区間の左右2側面を乾燥、4面乾燥供試体は全4面を乾燥させた。それぞれ $S/V(1/cm)$ は、0.2, 0.4 となる。試験には、水セメント比 50%の普通コンクリートを用いた。供試体は、室温 20℃の室内で材齢 7 日までシール養生し、それぞれ所定の面のシールを解除した後、湿度 60%の同室内に置いた。試験区間断面の平均応力をワイヤゲージで測定した拘束鋼材の軸方向ひずみより算出した。2面乾燥供試体、4面乾燥供試体それぞれの試験区間断面平均の応力導入過程を図－2、図－3に示す。

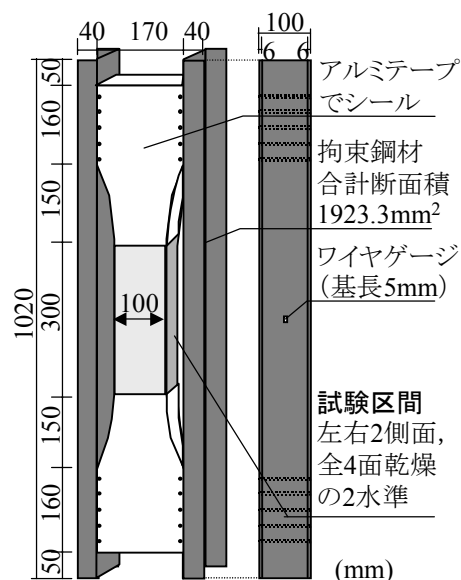
3. 一軸拘束収縮試験体の応力－ひずみ関係とひび割れ応力実験式¹⁾

著者らは、既報において、乾燥条件と載荷速度を変化させた一軸引張試験（2面乾燥、100×100mm 断面）の結果に基づき、乾燥時間と応力履歴の影響を考慮したコンクリート断面の引張応力－ひずみ関係とひび割れ応力に関する実験式を定式化している¹⁾。

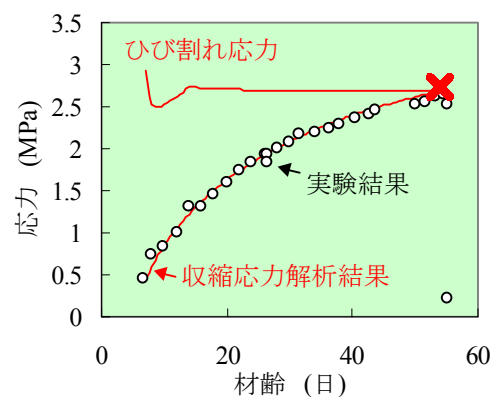
$$\frac{E_{ef}(S, t_d)}{E_{ef}(0, 0)} = 1 - \frac{S}{1.95 + 3.47S} - \alpha \frac{t_d}{0.93 + 8.09t_d} - 2.70 \frac{S}{1.95 + 3.47S} \alpha \frac{t_d}{0.93 + 8.09t_d} \quad (1)$$

$$\frac{\sigma_{cr}(t_d)}{\sigma_{cr}(0)} = 1 - \beta \frac{t_d}{2.09 + 4.08t_d} \quad (2)$$

ここに、 $E_{ef}(S, t_d)$ ：応力の時間積分値 S 、乾燥時間 t_d のコンクリートの有効接線弾性係数(MPa)、 $E_{ef}(0, 0)$ ： $S=0$ 、 $t_d=0$ のコンクリートの有効弾性係数、 $\sigma_{cr}(t_d)$ ：乾燥時間 t_d のコンクリートのひび割れ応力(MPa)、 $\sigma_{cr}(0)$ ： $t_d=0$ のコンクリートのひび割れ応力である。なお α と β は本稿での検討に用いる実験係数で基準値はともに 1 である。乾燥の影響を乾燥時間 t_d (日)により、応力履歴の影響を応力の時間積分値 S (MPa・日)により表現している。基となる一軸引張試験と同じ断面（2面乾燥、100×100mm 断面）の一軸拘束収縮試験体であれば、自由収縮ひずみを実験値により与え、式(1)(2)を用いた解析により、応力導入過程およびひび割れ応力が評価できる（図－2）。



図－1 一軸拘束収縮試験体の概要



図－2 2面乾燥供試体の応力導入過程

キーワード 乾燥収縮ひび割れ、断面寸法、有効弾性係数、ひび割れ応力、一軸拘束収縮試験

連絡先 〒940-2188 新潟県長岡市上富岡町 1603-1 長岡技術科学大学環境・建設系 TEL 0258-47-9603

4. 応力－ひずみ関係およびひび割れ応力に及ぼす S/V の影響

前章で述べた方法によると、冒頭で指摘した部材断面の応力－ひずみ関係およびひび割れ応力に及ぼす部材断面寸法（S/V）の影響のうち、①の収縮速度の影響は、応力の時間積分値 S を導入し、自由収縮ひずみを実験値により与えることにより、S/V が変化した場合にも理論的には考慮される。しかし、乾燥時間 t_d の項に代表される②の内部拘束の影響は、S/V が異なる場合には適合しないことが予想される。式(1)(2)は内部拘束の影響が一定の割合で含まれる同一断面の一軸引張試験結果より導出したものであるからである。

そこで次の検討を行った。自由収縮ひずみは4面乾燥の自由収縮

供試体の実験値を与え、応力解析は2面乾燥供試体と同じ方法を用いて、4面乾燥の一軸拘束収縮試験体の応力導入過程およびひび割れ応力の予測を行った結果が、図-3中の解析結果Aである。導入される応力およびひび割れ応力ともに、計算値は実験値を若干上回る結果となった。2面乾燥よりも4面乾燥の方が、すなわちS/V が大きいほど、有効弾性係数およびひび割れ応力ともに低下しているということになる。

この理由を、乾燥収縮の内部拘束のメカニズムの観点から考察する。乾燥面近傍のコンクリートには大きな空間的勾配をともなった水分分布が形成されるが、内部拘束により実際には自由に収縮できない。その結果、乾燥面近傍のコンクリートには微視的ひび割れなどの損傷が導入され、応力伝達能力が低下する。S/V が増大すれば、コンクリート断面全体に占める応力伝達能力が低下した領域の割合が増えることになる。したがって、断面平均の有効弾性係数およびひび割れ応力の低下が大きくなると考えられる。

図-3中の解析結果Bは、4面乾燥供試体の実験結果に一致するように、有効弾性係数の実験式(1)中の乾燥の影響を含む項（右辺第3項と第4項）を1.5倍（すなわち $\alpha=1.5$ ）とし、ひび割れ応力の実験式(2)中の乾燥の影響を含む項（右辺第2項）を1.3倍（すなわち $\beta=1.3$ ）とした解析の結果である。このようにして同定される係数 α と β は、それぞれ、乾燥による内部拘束が有効弾性係数およびひび割れ応力に及ぼす影響を実験的に評価する係数だと考えることができる。

5. 既往の一軸拘束収縮試験結果による検討

大野らは、試験区間を2面乾燥および4面乾燥としたJIS原案の一軸拘束収縮試験を行っている²⁾。牧角らは、供試体の奥行きを変化させることにより、試験区間のS/Vを0.067～0.2(1/cm)の範囲で変化させた一軸拘束収縮試験を行っている³⁾。これらの実験結果に対して、前章と同様の方法により、有効弾性係数、ひび割れ応力に及ぼす内部拘束の影響を表す係数 α と β の値を同定した。得られた係数 α, β とS/Vとの関係を図-4に示す。S/Vの増大にともない α, β ともに大きくなる傾向が確認できる。すなわち、S/Vが大きいほど、有効弾性係数、ひび割れ応力ともに低下する割合が大きくなることを意味し、このことは前章で述べた考察に合致する。

参考文献

- 1) 青木優介, 下村 匠：一軸線拘束されたコンクリートの乾燥収縮応力の導入とひび割れ発生条件, コンクリート構造物のクリープおよび収縮による時間依存変形に関するシンポジウム論文集, pp.325-332, 2001.7
- 2) 大野俊夫, 魚本健人：乾燥収縮ひび割れ発生に及ぼす拘束の形態, 乾燥面数の影響, コンクリート工学年次論文報告集, Vol.20, No.2, pp.649-654, 1998.6
- 3) 牧角龍憲, 松下博通, 栗津善文, 郡山貢一：部材寸法を変化させたコンクリートの乾燥収縮ひび割れ試験, セメント技術年報, Vol.40, pp.371-374, 1986

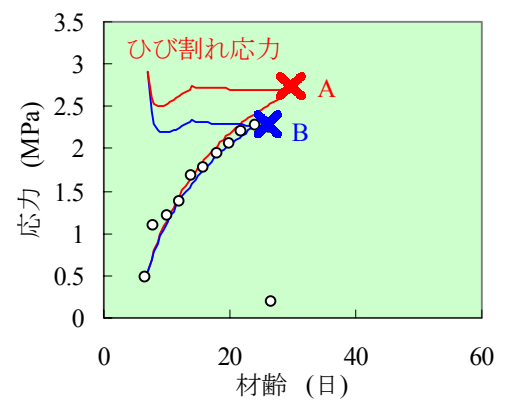


図-3 4面乾燥供試体の応力導入過程

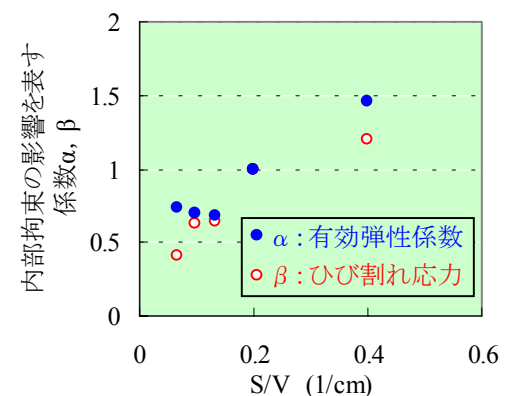


図-4 S/V と内部拘束の影響の関係