

長岡技術科学大学大学院

学生会員 青木優介

長岡技術科学大学工学部

正会員 下村 匠

長岡技術科学大学工学部

フェロ-会員 丸山久一

1. はじめに

コンクリート部材に発生する乾燥収縮ひび割れを、コンクリート中の水分移動解析・応力解析に基づき予測するためには、材料の挙動を合理的に表現するモデルの開発が課題である [1]。

本研究は、乾燥収縮応力解析に用いるコンクリートの構成則について検討するものである。微細なひび割れの発生・成長にともなうコンクリート応力伝達能力の低下をモデル化したひずみ軟化型構成則を用いて、部材内部に導入される乾燥収縮応力を評価した。一軸収縮拘束試験の結果と比較することにより、部材を貫通するひび割れの予測について検討した。

2. 解析方法

コンクリート中の水分移動、水分量の変化にともなう各部分の乾燥収縮ひずみ（非拘束収縮ひずみ）は、著者らの提案したコンクリートの細孔構造に基づくモデル[2]により評価する。一般のコンクリート部材では、自由な乾燥収縮が内的および外的に拘束されるため、乾燥収縮応力が導入される。この応力を評価するためには、収縮が拘束された持続引張応力下におけるコンクリートの変形・破壊挙動を適切に表現する構成モデルが必要である。乾燥過程のコンクリート部材表面における、微細なひび割れの発生・成長にともなう応力緩和を表現することが重要であると考え、本研究では、図-1 に示す構成モデルを用いる。

$$\sigma = E \cdot \varepsilon$$

ここに、 σ : 引張応力

ε : 引張ひずみ (= 自由収縮ひずみ - 拘束収縮ひずみ)

弾性係数 E は、次式で表す。

$$E = \begin{cases} E_0 & [0 < \varepsilon_{max} < \varepsilon_t] \\ E_0 \cdot \varepsilon_t / \varepsilon_{max} \cdot (\varepsilon_u - \varepsilon_{max}) / (\varepsilon_u - \varepsilon_t) & [\varepsilon_t < \varepsilon_{max} < \varepsilon_u] \\ 0 & [\varepsilon_u < \varepsilon_{max}] \end{cases}$$

ただし、 E_0 : 初期弾性係数

ε_t : 弾性限界ひずみ (= 引張強度 f_t / 初期弾性係数 E_0)

ε_u : 応力伝達限界ひずみ

ε_{max} : 過去に受けた最大の引張ひずみ

3. 構成モデルのパラメータスタディ

提案した構成モデルが応力解析結果に及ぼす影響を検討するために、JIS 原案の一軸拘束供試体を解析対象としたパラメータスタディを行った。水分の移動は、供試体軸と直行方向の成分のみを考慮し、供試体の変形・応力は供試体軸方向の成分のみを考慮した。供試体の変形は、軸方向に一様であると仮定した。構成モ

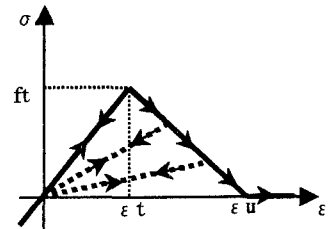


図-1 コンクリートの引張応力
— 引張ひずみ関係

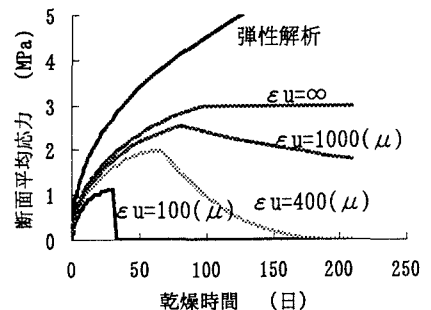


図-2 ε_u を変化させた場合の
断面平均応力

キーワード：乾燥収縮ひび割れ、貫通ひび割れ、微細ひび割れ、応力解析

〒940-2188 新潟県長岡市上富岡町1603-1 TEL 0258-47-9603 FAX 0258-47-9600

デル中のコンクリートの応力伝達限界ひずみを種々変化させ、解析を行った。コンクリートの引張強度、弾性係数はそれぞれ 3MPa、30000MPa とした。図-2 は、供試体の挙動を示す代表値として断面平均応力を選び、その経時変化を示したものである。軟化を考慮した構成則を用いた場合、断面平均応力がピークを持ち、応力が漸減し、時間無限大では 0 になる。ピークの値は、応力伝達限界ひずみに依存することがわかる。本解析は連続体を対象としているため、離散的現象である巨視的ひび割れの発生は表現できない。実際の実験では、供試体の断面平均応力が減少することは少なく、多くの場合、応力増加過程のある時点で巨視的なひび割れが発生する。実際の現象において、コンクリートが連続体としての性質を失い、部材に巨視的ひび割れが発生する条件は、現段階では明らかでないが、以降の解析では、部材の断面平均応力が最大となった時点で供試体を貫通するひび割れが発生すると仮定することにする。

4. 一軸拘束供試体の解析

JIS 原案の一軸拘束供試体を用いて、コンクリートの乾燥収縮ひび割れ試験を行った。並行してコンクリートの自由収縮試験も行った。表-1 にコンクリート

の配合を示す。供試体は材齢 7 日まで封かん養生し、その後温度 20℃、湿度 50% の室内で乾燥させた。拘束収縮供試体では、拘束板の中央部に軸方向に貼付けたひずみゲージによりひずみを計測した。自由収縮供試体では、コンタクトゲージによる収縮ひずみの測定と逸散水量の測定を行った。

自由収縮供試体および一軸拘束供試体の水分移動解析、応力解析を行った。強度・ひずみ特性および材料パラメータの一覧を表-2 に示す。材料パラメータは、解析結果が実験結果に近づくように定めたものである。前章に述べた検討結果に基づき、供試体の断面平均応力が最大となっ

た時点で供試体を貫通するひび割れが発生すると判断した。自由収縮供試体の逸散水量、自由収縮ひずみ、拘束供試体の断面平均応力とともに、解析値は実験値を良く追従している。本解析により、収縮が拘束されたコンクリート部材の貫通ひび割れ発生を予測できると考えられる。

今後は、応力伝達限界ひずみに及ぼす時間依存性変形の影響、および巨視的ひび割れの発生条件について、検討を進める予定である。

参考文献

- [1] 土木学会：コンクリートのクリープおよび乾燥収縮，pp124-130，1997.10
- [2] 下村匠，前川宏一：微視的機構に基づくコンクリートの乾燥収縮モデル，土木学会論文集，No.520/V-28，pp.35-45，1995.8

表-1 コンクリートの配合

W/C	W	C	S	G	SP
0.50	170	340	768	1034	1.02

SPは高性能減水剤 単位は (kg/m³)

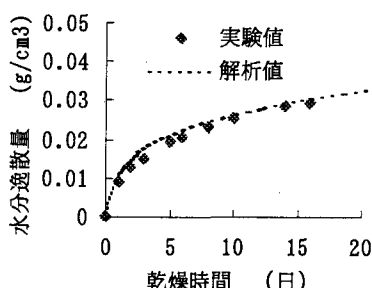


図-3 水分逸散の経時変化

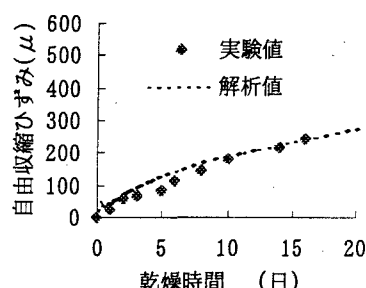


図-4 自由収縮ひずみの経時変化

表-2 材料パラメータ

強度・ひずみ特性	
コンクリートの引張強度	2.7(MPa)
コンクリートの弾性係数	27000(MPa)
弾性限界ひずみ	100(μ)
応力伝達限界ひずみ	400(μ)
材料パラメータ	
Vo	0.1305
B	18000
C	0.5
Kv	0.06
KL	0.0012
Ecap	4500

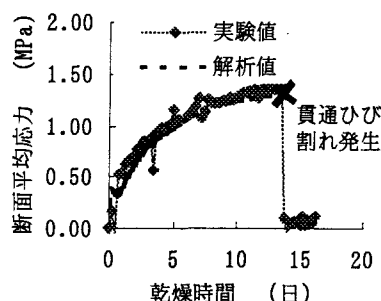


図-6 断面平均応力の経時変化
(一軸拘束供試体)