

無筋コンクリート要素の修正圧縮場理論に関する実験的検討

長岡技術科学大学大学院 学生会員 ○村上 直也
 長岡技術科学大学 正会員 田中 泰司
 長岡技術科学大学 正会員 下村 匠

1. 背景・目的

RC部材の非線形構造解析において、ひび割れを含む鉄筋コンクリート要素の圧縮構成則は部材耐力の推定精度を左右する重要な役割を果たしている。これまでに、縦ひび割れによる圧縮強度低下則に関する研究が精力的に行われてきた¹⁾。この圧縮場理論として知られる圧縮強度低下則は元来、鉄筋が分散配置されたRC部材を対象として構成されたものである。しかしながら、現実の鉄筋コンクリート部材では、鉄筋が偏在している場合が多く、無筋領域または低鉄筋比の領域が存在するケースが多い。

そこで本研究では、従来、比較的検証例が少ない無筋コンクリート要素や低鉄筋比のコンクリートを対象として、縦ひび割れがコンクリートの圧縮特性に与える影響を実験的に検討することとした。また、比較的ひび割れに対する感受性が高いと危惧される、高強度コンクリートに対する検討もあわせて行うこととした。

2. 試験方法の検討

2.1 実験概要

縦ひび割れを有するコンクリートの圧縮特性を把握するために、図1に示すような円筒型中空試験体²⁾を使用し、内圧を作用させて縦ひび割れを導入した後に、軸方向に圧縮荷重を行った。

2.2 試験体の作製

外型 275mm、内型 210mm、高さ 300mm の円筒型試験体を作製した。所定の位置にボイド管を設置し、配筋後、コンクリートを打設した。配合は普通強度配合(W/C:50%)と高強度配合(W/C:35%)の2種類とした。鉄筋比は 0%、0.43%の2種類であり、いずれも最小鉄筋比以下である。

2.3 試験手順

(1) 縦ひび割れの導入

図2に縦ひび割れ導入方法の概要を示す。試験体に

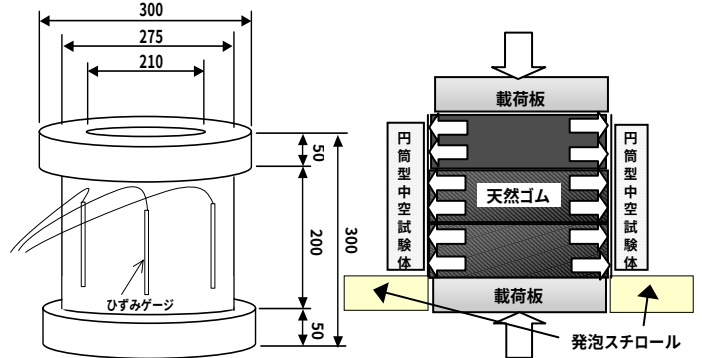


図1 試験体概要

図2 ひび割れ導入方法

縦ひび割れを導入するために、円筒型中空試験体の内側に円筒型天然ゴムを挿入し、圧縮試験機を用いてゴムを上下から加圧し、横にはらませることで試験体に内圧を作用させた。平均横ひずみを 0, 1000, 3000, 5000 μ の4水準に設定し、所定の値となるまで内圧を加えた。ひび割れ幅は試験体の側面全周にわたり π ゲージを設置して、横ひずみの測定を行った。

(2) 端部補強

除荷後、円筒の上下端部を高強度モルタル(W/C:25%)で巻き立て補強した。これは上下端部の境界条件の影響を緩和するためである。

(3) 圧縮荷重

圧縮試験時の軸方向ひずみ測定のために、試験体の周囲 8 箇所に長さ 120mm のひずみゲージを貼り付けた。計測されたひずみの平均値を軸方向ひずみとした。

3. 試験結果と考察

3.1 偏心荷重の影響とその補正方法

図3に残存強度比と横ひずみの最大履歴との関係を示す。ここで残存強度比 η_1 は式(1)で定義される。

$$\eta_1 = P_u / (A \times f'_c) \quad (1)$$

ここに、 P_u は最大荷重、 A は試験体の断面積である。今回の試験では、ひび割れを導入していない試験体でも 20%程度の強度低下が生じた。試験で測定された

キーワード 修正圧縮場理論, 強度低下率, 縦ひび割れ, 低鉄筋比

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 TEL0258-47-9626

個々の軸ひずみを詳細に分析したところ、試験体端部のわずかな不陸によって偏心载荷となっていたことが判明した。そこで、偏心の影響を補正するために、残存強度比 η_2 を以下のように再定義することとした。

$$\eta_2 = P_u / \left(\sum_{i=1}^n \frac{A}{n} \sigma'_i \right) \quad (2)$$

n はひずみゲージの測定点数、 σ'_i は i 番目のひずみゲージ位置のコンクリート応力で、普通コンクリートの場合は、式(3)を、高強度コンクリートの場合³⁾には式(4)を用いて推定した。

$$\sigma' = f'_c \times (\varepsilon / \varepsilon_0) \times (2 - \varepsilon / \varepsilon_0) \quad (3)$$

$$\sigma' = f'_c \times (\varepsilon / \varepsilon_0) \times \frac{m}{m - 1 + (\varepsilon / \varepsilon_0)^m} \quad (4)$$

$$m = 0.058 \times f'_c + 1.0 \quad (5)$$

ここに ε はひずみの計測値、 ε_0 はシリンダー試験体のピークひずみをそれぞれあらわす。

3.2 最大横ひずみと圧縮強度低下比

図4に補正後の強度低下率と横ひずみの最大履歴の関係を示した。無筋要素および低鉄筋比要素の圧縮強度は縦ひび割れが生じてもほとんど低下しないことがわかる。また、コンクリートの強度レベルが残存強度に与える影響も割合小さかった。ひび割れを与えない場合、鉄筋を有する試験体(nd0, hd0)の強度比は1.1～1.2とシリンダー試験体の圧縮強度よりも大きくなった。これはポアソン効果により試験体が横方向に膨らもうとするのを鉄筋が拘束するためであると考えられる。しかし一旦ひび割れが導入されると、この拘束効果は消失する。

4. 結論

本研究では、円筒試験体を用いて検討した結果、縦ひび割れが無筋要素や低鉄筋比要素の圧縮強度に及ぼす影響は、通常の鉄筋コンクリート要素よりも小さいこと、その傾向はコンクリートの強度レベルによらず認められることが示された。これらを部材レベルの解析により検証することが今後の課題である。

参考文献

- 1) Vecchio, F. J. and Collins, M. P. : The modified compression-field theory for reinforced concrete elements subjected to shear, ACI journal, Vol.83, pp.219-231, Mar/Apr.1986
- 2) 宮原長久ほか：ひびわれを含む鉄筋コンクリート板

表1 試験結果一覧

No.	横ひずみの最大値 (μ)	シリンダー試験		最大荷重 P_u (kN)	残存強度比	
		圧縮強度 f'_c (N/mm ²)	ピークひずみ ε_0 (μ)		η_1	η_2
nd0	0	35.99	2160	872	0.926	1.107
nd1000	1000	51.08	2625	984	0.975	0.906
nd3000	3000	51.08	2625	1052	0.800	0.863
nd5000	5000	35.99	2160	748	0.557	0.960
n0	0	53.08	1998	1122	0.801	0.931
n1000	1000	35.99	2160	612	0.666	1.103
n3000	3000	35.99	2160	898	0.930	0.958
n5000	5000	51.08	2625	1006	0.792	0.892
hd0	0	61.41	2387	1126	0.777	1.254
hd1000	1000	76.99	2673	1348	0.680	0.963
hd3000	3000	76.99	2673	1504	0.765	0.830
hd5000	5000	61.41	2387	834	0.510	0.947
h0	0	70.16	1565	1260	0.704	0.736
h1000	1000	61.41	2387	898	0.559	0.681
h3000	3000	61.41	2387	606	0.393	0.742
h5000	5000	70.16	1565	1248	0.709	0.789

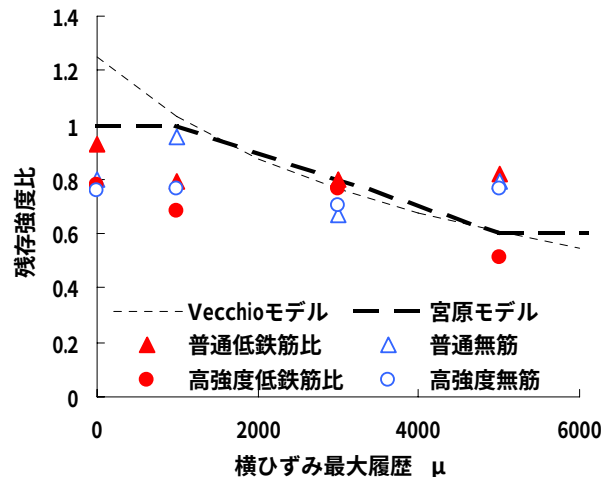


図3 残存強度比 (η_1)

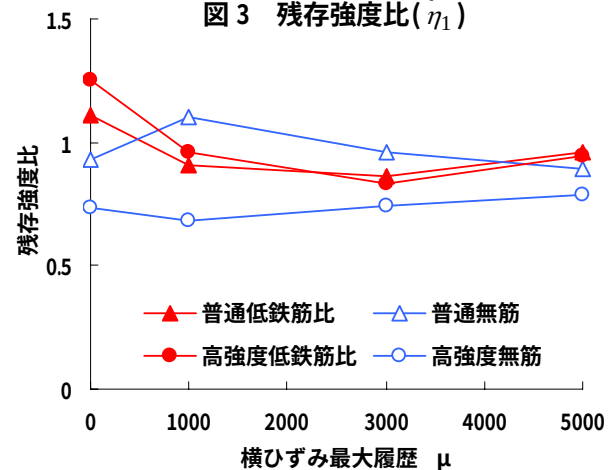


図4 残存強度比 (η_2)

要素の一軸圧縮応力下における非線形挙動, 土木学

会論文集, 第378号, V-6, pp.249-258, 1987.2

- 3) S. Popovics : A numerical approach to the complete stress-strain curve of concrete, Cement and Concrete Research ,Vol.3,pp.583-599,1973