

低強度コンクリート部材の耐震性能評価に関する基礎的研究 (その9)

正会員 〇根口 百世<sup>\*1</sup> 正会員 高月 行治<sup>\*2</sup>  
同 塚越 英夫<sup>\*3</sup> 同 南 宏一<sup>\*4</sup>

低強度コンクリート 塑性理論 トラス機構  
アーチ機構 局所的な圧縮応力場

1. 塑性理論による耐力の検討

本報では柱材の終局耐力を塑性理論を用いて検討する。せん断抵抗機構は、トラス機構とアーチ機構の混在を許容する。トラス機構による耐力は、図-1に示されるように、主筋の付着力によって決まると考え、その付着力を伝達するための未降伏のせん断補強筋〔帯筋〕と傾斜角を45°と仮定した一様なコンクリートの圧縮場は、コンクリート圧縮強度 $\sigma_B$ を保持するものとして終局せん断力 $Q_{U1}$ を求める。なお、終局付着応力度 $\tau_{Ub}$ は、文献1)に基づいて、式(1)によって求める。

$$\tau_{Ub} = \min(0.09\sigma_B, 0.098 \times 20.25) \quad (1)$$

ここに、 $\sigma_B$ : コンクリート圧縮強度 [N/mm<sup>2</sup>]

この $\tau_{Ub}$ を用いて、トラス機構による終局せん断耐力 $Q_{U1}$ は、釣合条件より、

$$Q_{U1} = \tau_{Ub} \cdot \Sigma \phi \cdot j_t \quad (2)$$

ここに、 $\phi$ : 主筋の周長 [mm]

$j_t$ : 主筋間距離 [mm]

として求められる。なお、トラス機構を形成するコンクリートの圧縮場の幅 $b_t$ は、コンクリートの圧縮場の角度を45°とすると、次式で求められる。

$$b_t = 2 \cdot \frac{\tau_{Ub}}{\sigma_B} \cdot \Sigma \phi \quad (3)$$

一方、部材の対角線上に直接的に圧縮されるコンクリートの圧縮束の形成によるせん断力の伝達機構であるアーチ機構については、図-2に示される2種類について検討を行う。

まず、図-2に濃色で示される対角線上に一様な断面積をもつ圧縮束のModel 1を考える。いま、このアーチ機構によってのみせん断力が伝達されると考えると、その終局せん断耐力 $Q_{Ua1}$ は、文献2)に基づいて、

$$Q_{Ua1} = \left[ \sqrt{1 + \eta^2} - \eta \right] \cdot \frac{b_a \cdot D \cdot \sigma_B}{2} \quad (4)$$

ここに、 $\eta = h/D$

として求めることができる。

次に、式(3)による付着力で決定されるトラス機構が成立するときのコンクリートの圧縮場の幅 $b_t$ によって決定されるトラス機構の耐力 $Q_{U1}$ とアーチ機構の耐力 $Q_{Ua1}$ との累加による終局せん断耐力 $Q_{SU2}$ は

$$Q_{SU2} = Q_{U1} + Q_{Ua1} \quad (5)$$

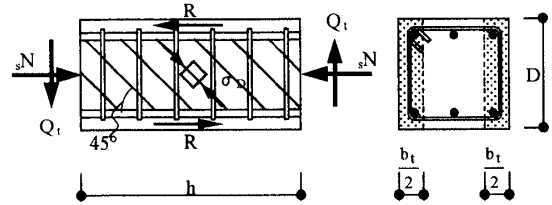


図-1 付着破壊を考慮したトラス機構

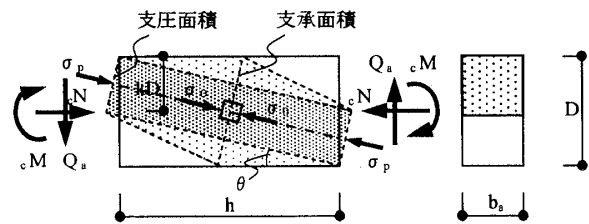


図-2 アーチ機構

$$\text{ここに、 } Q_{Ua1} = \left[ \sqrt{1 + \eta^2} - \eta \right] \cdot \frac{b_a \cdot D \cdot \sigma_B}{2} \quad (6)$$

$$b_a = b - b_t \quad (7)$$

として計算できる。

このModel 1において、トラス機構とアーチ機構が混在する場合のアーチ機構のコンクリートの圧縮束のせいは $D/(2 \cos \theta)$ であり、かつ、その圧縮束の有効な幅は、トラス機構で用いられた $b_t$ の残りの幅である $b_a$ が寄与するものと考えている。

LSCを用いた丸鋼主筋の試験体の破壊状況は、材端部におけるコンクリートの圧壊が生じるせん断圧縮破壊であることから、材端部に局所的な圧縮力が生じるモデルを提案する。文献3)に基づいて、局所的な圧縮効果を考慮した対角線方向のコンクリートの圧縮束をModel 2とする。コンクリートの圧縮束の圧縮束の有効な幅は、トラス機構で用いられた $b_t$ の残りの幅である $b_a$ が寄与するものと考えて式(7)によって求める。この場合の終局せん断耐力 $Q_{Ua2}$ は

$$Q_{Ua2} = \left[ \sqrt{4 + \left( \frac{\eta}{c \cdot n_0} \right)^2} - \left( \frac{\eta}{c \cdot n_0} \right) \right] \cdot \frac{b_a \cdot D \cdot \sigma_B}{2} \quad (8)$$

$$\text{ここに、 } c \cdot n_0 = \sqrt{\frac{\sqrt{3} \eta^2 (1 + \sqrt{1 + \eta^2})}{2} + \frac{\sqrt{3} \eta^2 (1 - \sqrt{1 + \eta^2})}{2}} \quad (9)$$

表-1 実験結果の検討

試験体 No.	試験体名	$\sigma_B$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\tau_{Ub}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\lambda$	実験結果		塑性理論式				
					正加力時	負加力時	Model 1		Model 2		
					$Q_{sU0}$ [kN]	$Q_{sU0}$ [kN]	$Q_{sU1}$ [kN]	$Q_{sU2}$ [kN]	$Q_{sU3}$ [kN]	$Q_{sU4}$ [kN]	$Q_{sU5}$ [kN]
8	L10240	13.50	1.22	1.09	160.8	154.0	98.6	157.0	152.2	202.6	214.0
12	DL10240	13.89	2.08	1.09	212.5	206.6	101.4	180.9	156.6	225.1	235.8
30	L05280S	4.69	0.42	1.30	95.0	83.6	34.2	50.7	52.9	67.1	80.8
32	L10280S	10.56	0.95	1.13	170.6	152.8	77.1	114.2	119.1	151.1	164.8
13	L1024C1	9.55	0.86	1.25	171.4	143.2	69.8	111.1	107.7	143.3	166.4
14	L1024C2	9.60	0.86	1.63	154.4	141.4	70.1	111.7	108.3	144.1	202.2
15	DL1024C1	9.67	1.83	1.25	164.8	161.6	70.6	140.8	109.1	169.5	189.8
16	DL1024C2	9.74	2.14	1.62	206.7	206.1	71.1	153.1	109.9	180.5	228.9
33	L0528C2S	4.62	0.42	2.36	84.2	83.1	33.7	50.0	52.1	66.1	128.1
34	L0528C2S	10.56	0.95	1.59	168.0	179.9	77.1	114.2	119.1	151.1	213.1

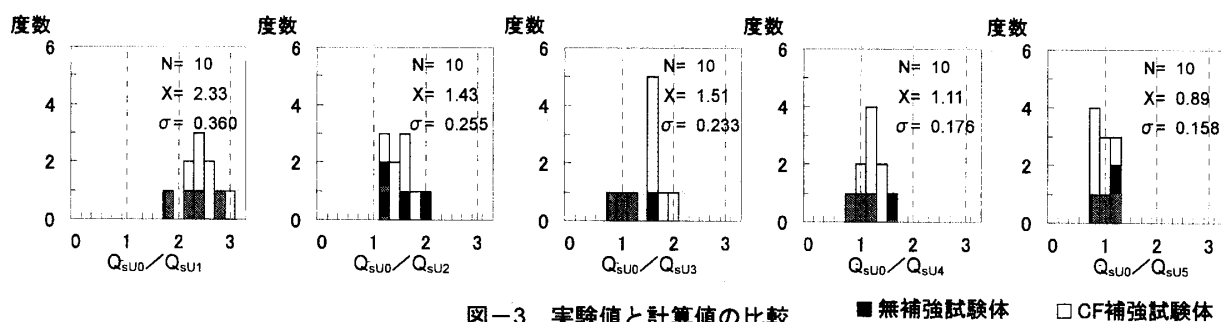


図-3 実験値と計算値の比較

■ 無補強試験体 □ CF補強試験体

として求められる。また、式(8)における  $b_a$  を  $b_a = b$  としたときは、アーチ機構のみによって耐力が発揮され、その値を  $Q_{sU3}$  として表-1に示す。

次に、式(8)によるアーチ機構の耐力  $Q_{Ua2}$  と式(2)による付着力で決定されるトラス機構の耐力  $Q_{Ut}$  の累加による終局せん断耐力  $Q_{sU4}$  は

$$Q_{sU4} = Q_{Ut} + Q_{Ua2} \quad (10)$$

として計算できる。

さらに、せん断補強筋によるコンクリート圧縮強度に対する拘束効果を考慮したコンクリートの圧縮強度  $\sigma_B'$  は式(11)で評価を行う。角形断面の試験体に対する拘束効果は、式(12)で評価した。

$$\sigma_B' = \lambda \sigma_B \quad (11)$$

$$\text{ここに、} \lambda = 1 + 2.05 \frac{P_w \cdot \sigma_{wy}}{\sigma_B} \quad (12)$$

式(8)の  $\sigma_B$  を式(11)の  $\sigma_B'$  に置換すると、 $Q_{Ua2}$  に拘束効果を考慮したアーチ耐力  $Q_{Ua3}$  となり、

$$Q_{Ua3} = \lambda \cdot Q_{Ua2} \quad (13)$$

と表すことができる。この  $Q_{Ua3}$  と  $Q_{Ut}$  とを累加して求めた終局せん断耐力を  $Q_{sU5}$  として下式によって求める。

$$Q_{sU5} = Q_{Ut} + Q_{Ua3} \quad (14)$$

以上の式に基づいた計算結果を表-1にそれぞれ示す。

図-3は、正加力時の実験値と  $Q_{sU1} \sim Q_{sU5}$  の計算値の割合について比較を行ったもので、Model 2で拘束効果を考慮したアーチ機構とトラス機構を累加した場合の  $Q_{sU5}$  が、最も実験値との対応が良いといえる。

## 2. まとめ

LSCを用いた柱部材の終局耐力は、全ての試験体に対して塑性理論で評価できるが、その耐力はModel 1によるものよりも、局所的な圧縮応力場を考えたModel 2を用いた方が精度良く評価できる。

## 参考文献

- 1) SR-CF 工法研究会：既存建築物の耐震改修設計施工指針 SR-CF 工法（改訂版），2006.6
- 2) 日本建築学会：鉄筋コンクリート造建物の終局強度型耐震設計指針・同解説，6章 せん断と付着に対する設計，pp.104-150，1990.11
- 3) 若林實，南宏一：鉄筋コンクリート柱のせん断破壊防止法に関する実験的研究，京都大学防災研究所年報，第22号 B-1，pp.295-316，1979

\*1 福山大学南研究室・修士(工学)

\*2 広島県東部生コンクリート協同組合

\*3 清水建設技術研究所・工博

\*4 福山大学工学部建築・建設学科 教授・工博

\*1 Minami Lab., Fukuyama Univ., Ms. Eng.

\*2 East Hiroshima Ready Mixed Concrete Cooperative

\*3 Institute of Technology, Shimizu Corporation, Dr. Eng.

\*4 Prof., Faculty of Eng., Fukuyama Univ., Dr. Eng.