

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5)

正会員 ○根口 百世\*3 准会員 川上 裕佳\*1 正会員 高月 行治\*2  
准会員 藤原顕太郎\*1 正会員 南 宏一\*4

低強度コンクリート    せん断柱                    塑性理論  
アーチ機構                トラス機構                    丸鋼

1. 塑性理論式による実験結果の検討

本試験体では、主筋が丸鋼であることから早期に主筋の付着力が喪失し、コンクリートが斜め圧縮力を受ける束材として挙動すると仮定した抵抗機構に基づく塑性理論式による検討を行った。この方法は、せん断補強筋はトラス機構を構成することに関与せず、図-1 に示すように、コンクリートの斜め圧縮材と、鉄筋の引張材によって構成されるアーチ機構によって抵抗する (Model 1) と考えるものである。この場合の無次元化圧縮力  $n$  ( $= N/(bD\sigma_B)$ ) と無次元化せん断力  $q$  ( $= Q/(bD\sigma_B)$ ) の関係は、(4)~(6)式によって与えられ、図-4 (a) のような相関曲線が得られる<sup>4)</sup>。

(a)  $n_0 \leq n \leq n_1$

$$q = \left[ \sqrt{4(n+s\phi)\{1-(n+s\phi)\} + \eta^2} - \eta \right] \cdot \frac{1}{2} \quad (4)$$

(b)  $n_1 \leq n \leq n_2$

$$q = \left\{ \sqrt{1 + \eta^2} - \eta \right\} \cdot \frac{1}{2} \quad (5)$$

(c)  $n_2 \leq n \leq n_3$

$$q = \left[ \sqrt{4(n-s\phi)\{1-(n-s\phi)\} + \eta^2} - \eta \right] \cdot \frac{1}{2} \quad (6)$$

(4)~(6)式中の記号は、それぞれ、 $\eta = h/D$   
 $s, \phi$  : 主筋による引張鉄筋係数 ( $= p_g \cdot \sigma_y / \sigma_B$ )  
 $n_0 = -s\phi, n_1 = 1/2 - s\phi, n_2 = 1/2 + s\phi, n_3 = 1 + s\phi$

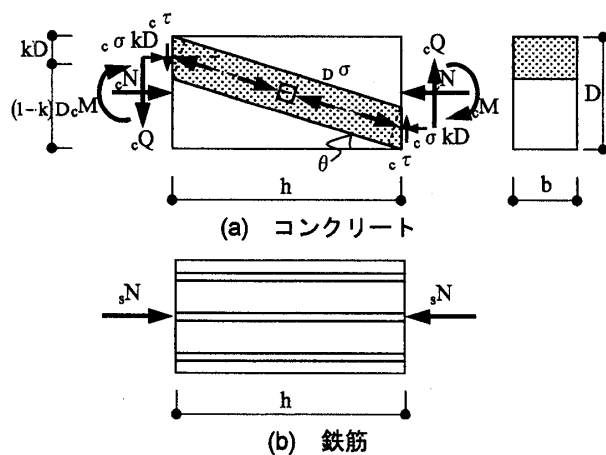


図-1 Model 1 主筋の付着を期待しない RC 部材のアーチ機構によるせん断抵抗

として与えられる。

この閉解による評価式において、 $s, \phi$  が 0.5 以上になる場合は作用圧縮力の大きさのいかんに関わらず

$$q = \left\{ \sqrt{1 + \eta^2} - \eta \right\} \cdot \frac{1}{2} \quad (5)$$

で無次元化せん断力が得られる。本実験における引張鉄筋係数  $s, \phi$  は全て 0.5 以上になるので、作用圧縮力のいかんに関わらず、(5)式により計算値が得られ、その結果が表-1 の  $Q_{SU4}$  である。

$$Q_{SU4} = q \cdot bD\sigma_B \quad (7)$$

この値は、全試験体において小さい値を与えるが、このアーチ機構において、せん断補強筋によってコンクリートが拘束され、Richart らの研究<sup>4)</sup>を参考にして、コンクリートの圧縮強度  $\sigma_B$  が  $\sigma_B'$  に増加する効果を考慮して

$$\sigma_B' = \lambda \sigma_B \quad (8)$$

$$\lambda = 1 + 2.05 \frac{p_w \cdot \sigma_{wy}}{\sigma_B}$$

として、アーチ機構による抵抗力を再評価した結果を  $Q_{SU5}$  として示す。この計算結果は、実験値に対してより近づく傾向にあることを示すが、十分な整合性のある値を示すことになっていない。

つぎに、図-2 に示すような局所的な圧縮力を受けるせ

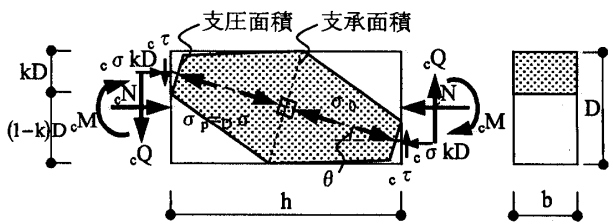


図-2 Model 2 局所的な圧縮応力場における RC 部材のせん断抵抗

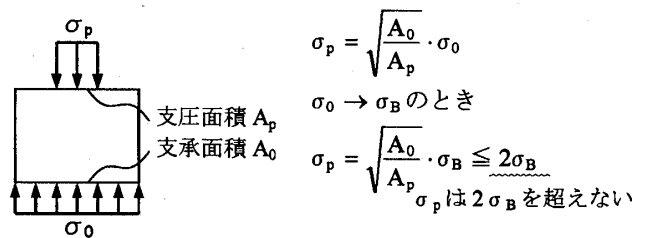
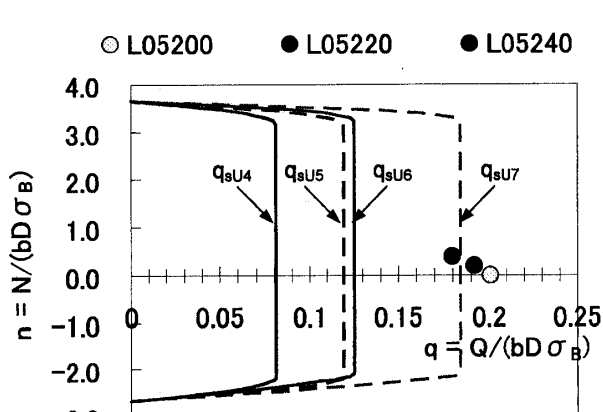


図-3 支圧強度の考え方

表-1 実験結果の検討

| 試験体名   | コンクリート強度<br>$\sigma_B$ [N/mm <sup>2</sup> ] | せん断補強筋比<br>$p_w$ [%] | 実験結果             |        | 塑性理論式     |                   |                   |                   |                   |
|--------|---|----------------------|------------------|--------|-----------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
|        |   |                      | $Q_{sU}$<br>[kN] |        | $\lambda$ | $Q_{sU4}$<br>[kN] | $Q_{sU5}$<br>[kN] | $Q_{sU6}$<br>[kN] | $Q_{sU7}$<br>[kN] |
| L05200 | 3.7   | 0.21                 | 68.9             | -61.94 | 1.47      | 26.1              | 38.4              | 41.7              | 61.4              |
| L05220 |   |                      | 64.9             | -67.93 |           |                   |                   |                   |                   |
| L05240 |   |                      | 62.9             | -66.93 |           |                   |                   |                   |                   |
| L05400 |   | 0.42                 | 60.9             | -57.94 | 1.95      | 50.9              | 81.0              |                   |                   |
| L05420 |   |                      | 73.9             | -61.94 |           |                   |                   |                   |                   |
| L05440 |   |                      | 73.9             | -71.93 |           |                   |                   |                   |                   |

図-5  $p_w=0.21\%$ の場合の理論値と実験値の関係

ん断機構 (Model 2) について検討を行う。支圧強度については、図-3 に示される考え方をを用いて検討を行うと、無次元化圧縮力  $n$  と無次元化せん断力  $q$  の関係は、(9)~(13)式によって与えられる。

(d)  $n_0 \leq n \leq n_1$

$$q = \sqrt{\eta^2 + 2(n + \phi) - (n + \phi)^2} - \eta \quad (9)$$

(e)  $n_1 \leq n \leq n_2$

$$q = \frac{1}{2} \left[ \sqrt{4 + \left( \frac{\eta}{n + \phi} \right)^2 - 4(n + \phi)^2} - \left( \frac{\eta}{n + \phi} \right) \right] \quad (10)$$

(f)  $n_2 \leq n \leq n_3$

$$q = \frac{1}{2} \left[ \sqrt{4 + \left( \frac{\eta}{c n_0} \right)^2 - 4 c n_0^2} - \left( \frac{\eta}{c n_0} \right) \right] \quad (11)$$

$$\text{ここに } c n_0 = \sqrt{\frac{\sqrt{\eta^2 + \eta^2 \sqrt{1 + \eta^2}}}{2} + \frac{\sqrt{\eta^2 - \eta^2 \sqrt{1 + \eta^2}}}{2}} \quad (12)$$

(g)  $n_3 \leq n \leq n_4$

$$q = \frac{1}{2} \left[ \sqrt{4 + \left( \frac{\eta}{n - \phi} \right)^2 - 4(n - \phi)^2} - \left( \frac{\eta}{n - \phi} \right) \right] \quad (13)$$

(9)~(13)式中の記号は、それぞれ、 $\eta = h/D$

$\phi$  : 主筋による引張鉄筋係数 ( $= p_g \cdot \sigma_y / \sigma_B$ ),  $n_0 = -\phi$

$n_1 = 1/2 - \phi$ ,  $n_2 = c n_0 - \phi$ ,  $n_3 = c n_0 + \phi$ ,  $n_4 = 1 + \phi$

Model 2 の場合、作用圧縮力のいかんに関わらず、(11)式により計算値が得られ、その結果が表-1 の  $Q_{sU6}$  である。

$Q_{sU6}$  に(9)式で得られたせん断補強筋による拘束効果を考慮して再評価したせん断耐力を  $Q_{sU7}$  として表-1 に示す。

Model 1 および Model 2 より得られる  $n$ - $q$  相関関係に実験値をプロットしたものを図-5 に示す。本試験体は、主筋の降伏強度が大きいいため、Model 1 および Model 2 ともに、主筋の影響が大きく、コンクリートの影響がほとんどみられない。また、実験値は Model 2 の場合にせん断補強筋の拘束効果を考慮した場合の  $q_{sU7}$  が最もよい対応を示している。せん断補強筋比が 0.42% の場合には対応が十分でない場合がある。

## 2. まとめ

低強度コンクリートと丸鋼を用いた RC 柱は、通常強度のコンクリートを用いたものとは大きく異なる破壊性状を示した。耐力については、大野・荒川式および塑性理論式のいずれにおいても、十分に評価できていないことから、より適切な評価方法について検討が必要である。

## 参考文献

- 山本泰稔：低強度コンクリート構造に関する調査・研究資料，第30回建築士事務所全国大会（埼玉），2005.8
- 根口百世，藤原顕太郎，高月行治，佐藤立美，南宏一：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2），日本建築学会中国支部研究報告集，第30巻，2007.3
- 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，京大防災研究所年報，第22号 B-1，pp.295-316，1979.4
- Park, T. and Paulay, T.: Reinforced Concrete Structures, 1975.2

\*1 福山大学工学部建築学科

\*2 高月ナマコン

\*3 福山大学大学院博士課程地域空間工学専攻・修士(工学) Course of Regional Space Planning and Systems Eng., Doctoral Program, Grad. School, Fukuyama Univ., Ms. Eng.

\*4 福山大学工学部建築・建設学科 教授・工博

Dept. of Architecture, Faculty of Eng., Fukuyama Univ.

TAKATSUKI Ready Mixed Concrete

Prof., Dept. of Architecture and Civil Engineering, Faculty of Eng., Fukuyama Univ., Dr. Eng.