

# 論文 丸鋼を用いた低強度コンクリート極短柱の耐震性能評価

荒木 秀夫\*1・伊木 勇人\*2・家形 徹\*2・伊崎 聖也\*3

**要旨:** 本研究は主筋に丸鋼を用いた低強度コンクリート極短柱部材の抵抗機構の解明を目的としてせん断スパン比 1 の試験体を用いた載荷実験を内容とするものである。現行のせん断耐力評価式及び付着を考慮した終局強度式との適合性を検証した。その結果、極短柱試験体では付着滑脱は起こすものの付着を考慮した終局強度式は実験値を過小評価しており、低強度コンクリート極短柱はせん断破壊した。そこで、せん断耐力について主筋の付着力のレベルによって部材のトラス機構を低減するせん断耐力式を提案した。既往の研究結果から提案式の検証を行い、良好な結果を得た。

**キーワード:** 既存建物, 低強度コンクリート, 極短柱, 丸鋼, 付着性能, せん断破壊, 耐力評価

## 1. はじめに

1995 年の兵庫県南部地震以後、「耐震改修促進法」が施行されたことにより、全国的に耐震診断・改修が行われている。耐震診断の結果によれば、耐震診断基準<sup>1)</sup>の適用範囲の下限值であるコンクリート圧縮強度 13.5MPa を下回るコンクリート（以下、低強度コンクリートと記す）の建物が多く存在することが分かっている<sup>2)</sup>。このような建物については現行の評価式をそのまま準用し診断する場合や、個別に検討を加えて診断される場合など、現状では汎用性のある評価法の確立に至っていないと考えられる。また、低強度コンクリート建物が多く存在する 1970 年代前後では、丸鋼が主筋として用いられている場合が多い。そこで筆者らは文献<sup>3)</sup>のように丸鋼を主筋とする低強度コンクリート柱部材について、その抵抗機構の解明と現行の曲げ・せん断耐力評価式との適合性の検討を目的として、曲げ・せん断実験を実施した。低強度コンクリート柱では、主筋の降伏以前に主筋がコンクリートから抜け出す（滑脱する）ために曲げ耐力が既往の曲げ略算式では適切に評価できず、図-1 のように付着力に応じて低減された鉄筋とコンクリートの M-N 相関曲線を累加する終局強度式<sup>4)</sup>（式 (1) に記載、以下付着力を考慮した曲げ終局強度式と記す）を用いることで適切に耐力を評価できることがわかった。しかしながら、これまでに筆者らの行った実験では、すべての試験体で最大耐力時までにはせん断ひび割れが発生せずせん断耐力評価式との適合性については検証できなかった。

本研究では、よりせん断破壊を起こしやすいシアスパン比 1.0 の極短柱試験体を作製し、低強度コンクリートが主筋に丸鋼を用いた部材のせん断性能に与える影響を検証し、その抵抗機構について考察した。

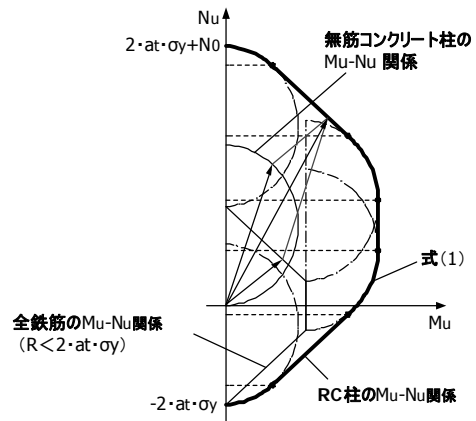


図-1 主筋の付着力を考慮した RC 柱の  $M_u - N_u$  関係

$$M_u = \frac{D}{2N_0} \left\{ \frac{N_0^2}{4} - \left( -N + \frac{N_0}{2} - 2 \cdot a_t \cdot \sigma_y + R \right)^2 \right\} + \frac{R \cdot j_s}{2} \dots (1)$$

ただし、

$$-2 \cdot a_t \cdot \sigma_y + \frac{N_0}{2} \left( 1 - \frac{j}{D} \right) + R \leq N \leq -2 \cdot a_t \cdot \sigma_y + \frac{N_0}{2} + R$$

ここで、

$a_t$ : 引張鉄筋断面積 [mm<sup>2</sup>]       $b$ : 柱幅 [mm]

$D$ : 柱せい [mm]       $h$ : 柱の内法高さ [mm]

$j_s$ : 引張鉄筋と圧縮鉄筋の中心間距離 [mm]

$N_0$ : 柱の全断面の応力度が  $0.85\sigma_B$  となる軸力 [N]

$n$ : 引張鉄筋の本数 [本]

$R$ : 主筋の柱内法長さの付着力 [kN]

$$R = n \cdot \tau_b \cdot \phi \cdot h$$

$\phi$ : 引張鉄筋の周長 [mm]

$\sigma_B$ : コンクリートの圧縮強度 [N/mm<sup>2</sup>]

$\sigma_y$ : 引張鉄筋の降伏点強度 [N/mm<sup>2</sup>]

$\tau_b$ : 丸鋼の許容付着応力度

$$(\text{=min}(0.09 \sigma_B, 1.98)) \text{ [N/mm}^2\text{]}$$

\*1 広島大学大学院工学研究科 准教授・工博 (正会員)

\*2 広島大学大学院工学研究科 大学院生 (正会員)

\*3 広島大学工学部第四類 学部生

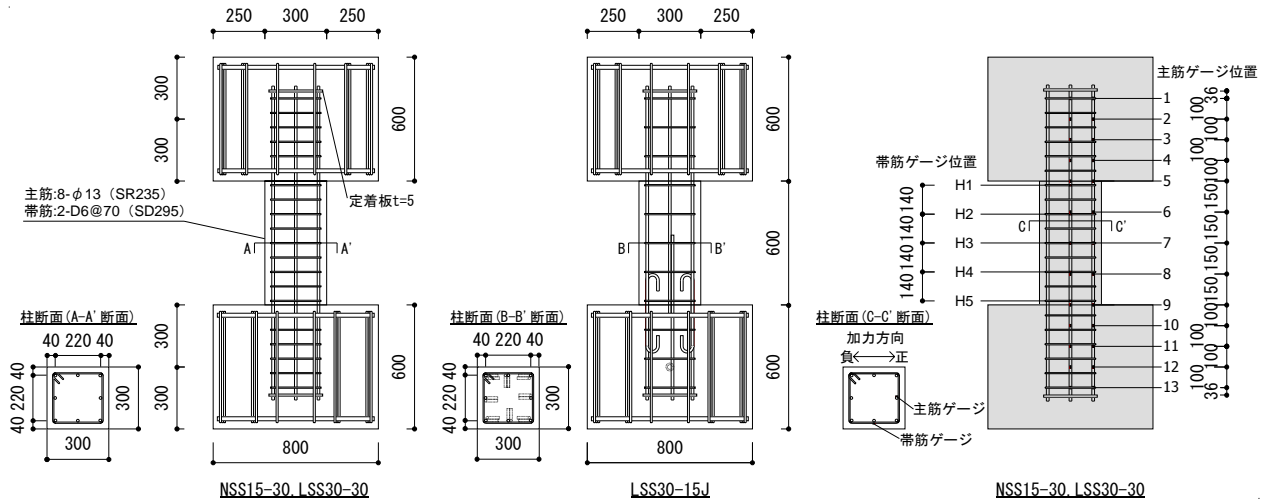


図-2 試験体形状及び配筋例，ひずみゲージ測定位置例

表-1 試験体一覧

試験体名	軸力比 $\eta$	断面 $b \times D$ [mm]	コンクリート 設計基準強度 [MPa]	せん断 スパン比 $M/QD$	主筋 (SR235) 配筋	帯筋 (SD295A)		備考
						配筋	$p_w$	
NSS15-30	0.15	300×300	18	1.0	8- 13φ	2-D6@70	0.30	—
LSS30-15	0.30		9			2-D6@140	0.15	—
LSS30-15J			継手配筋			2-D6@70	0.30	—
LSS30-30						—	—	—

表-2 コンクリートの調合計画

呼び強度	水セメント 比(%)	細骨材率 (%)	スランブ (mm)	空気量 (%)	単位量 (kg/m <sup>3</sup> )				
					セメント	水	細骨材	粗骨材	混和剤
Fc9	110	55	17.5	3.9	195	215	987	818	1.17
Fc18	80	53	15.1	4.6	269	215	919	825	1.61

表-3 材料試験結果

呼び強度	養生条件	圧縮強度 [MPa]	割裂強度 [MPa]	弾性係数 [GPa]
Fc9	現場封緘	12.2	1.43	22.35
Fc18	現場封緘	19.2	1.95	24.24
鉄筋径・ 鉄筋種類	降伏強度 [MPa]	弾性係数 [GPa]	引張強度 [MPa]	降伏 ひずみ [μ]
13φ SR235	325.9	192.7	425.4	1713
D6 SD295A	313.9	177.6	454.6	1767

※D6・SD295Aの降伏強度は0.2%オフセット法により求めた

## 2. 実験概要

### 2.1 試験体

試験体は、柱断面 300×300mm、内法高さが 600mm（シアスパン比 1.0）の極短柱を計 4 体作製した。試験体一覧を表-1 に、試験体形状及び配筋を図-2 に示す。また LSS30-15J は部材内で継手を設けた試験体とした。いずれの試験体とも付着劣化を考慮していない現行の設計法ではせん断破壊先行型である。また、付着力を考慮した曲げ終局強度式と耐震診断基準によるせん断強度式（以下、耐震診断式）との比較では、普通強度コンクリートを用いた NSS15-30 はせん断破壊先行型、低強度コンクリートを用いた LSS シリーズは付着滑脱破壊先行型になるように設計した。ただし、打設した低強度コンクリートの圧縮強度が目標値よりやや高くなったことで、LSS30-15 及び LSS30-15J の付着力を考慮した曲げ終局強度式と耐震診断式の比較によるせん断余裕度は非常に小さくなった。実験因子はコンクリート強度（Fc9, Fc18）、帯筋比  $p_w$ （0.15%, 0.30%）及び継手の有無である。軸力比は実圧縮強度を基準にし、普通強度コンクリート NSS15-30 の軸力比（0.15）、低強度コンクリートの LSS シリーズの軸力比（0.30）を設定した。

### 2.2 材料特性

コンクリートの調合計画を表-2 に示す。使用するコンクリートは目標圧縮強度を 9MPa, 18MPa とし、Fc9 については水セメント比を 110%、Fc18 は 80% とした。なお、打設時の材料分離を抑制するために、混和剤として高性能 AE 減水剤を使用している。コンクリートおよび鉄筋の材料試験の結果を表-3 に示す。

### 2.3 载荷方法・測定項目

各試験体は建研式逆対称モーメント加力によって正負交番繰り返し载荷を行った。測定項目は鉛直荷重、水平荷重、主筋ひずみ、帯筋ひずみ、局所変形及び層間変位である。

### 3. 実験結果

#### 3.1 ひび割れ性状

写真-1 に各試験体の限界変形経験サイクルのひび割れ性状を示す。すべての試験体において R=1/400rad.までに柱部分とスタブ境界面に曲げひび割れが発生した。しかし、曲げひび割れは以降実験終了時まで柱-スタブ境界面以外の箇所では発生することがなかった。普通強度コンクリートを用いた NSS15-30 は、最大耐力に達した部材角 R=1/66rad.時にはスタブ境界面のひび割れ及び柱頭、柱脚の圧壊以外に目立ったひび割れは発生せず、主筋の抜け出しによる影響が大きいと考えられる。R=1/50rad.の二回目の加力時にせん断ひび割れが発生し、その後は変形が進むにつれ、柱頭柱脚の圧壊とせん断ひび割れ幅の拡大が同時に進行した。一方、低強度コンクリートを用いた試験体は、せん断ひび割れが最大耐力に達する前に発生した。最大耐力時の最大せん断ひび割れ幅は、LSS30-15 は 0.05mm 以下、LSS30-15J は 0.35mm、LSS30-30 は 0.15mm と全体的に小さい値となった。せん断ひび割れの発生後は、NSS15-30 同様に変形が進むにつれ、せん断ひび割れと同時期に発生した柱頭柱脚の圧壊とせん断ひび割れ幅の拡大が同時に進行した。また継手をしていない試験体では、文献<sup>5)</sup>でみられるような縦方向のせん断ひび割れが発生しており、極短柱部材では水平力が主にアーチ機構によってまかなわれていると考えられる。継手のある LSS30-15J はせん断ひび割れの他、R=1/66rad.において継手部分の主筋が柱面外に押し出されることによって、継手位置に水平の曲げひび割れと主筋に沿ったひび割れが発生した。



NSS15-30 (R=-1/25rad.)



LSS30-15 (R=-1/50rad.)



LSS30-15J (R=-1/50rad.)



LSS30-30 (R=-1/33rad.)

写真-1 限界変形経験サイクルのひび割れ性状

#### 3.2 せん断力-部材角関係

図-3 に各試験体のせん断力-部材角関係を示す。普通強度コンクリートを用いた NSS15-30 では、R=1/100rad.でコンクリートの圧壊が発生し、R=1/66rad.において最大耐力 204.2kN に達した。この時点で引張側主筋は降伏してないものの、最大耐力は曲げ略算値とほぼ同じ値

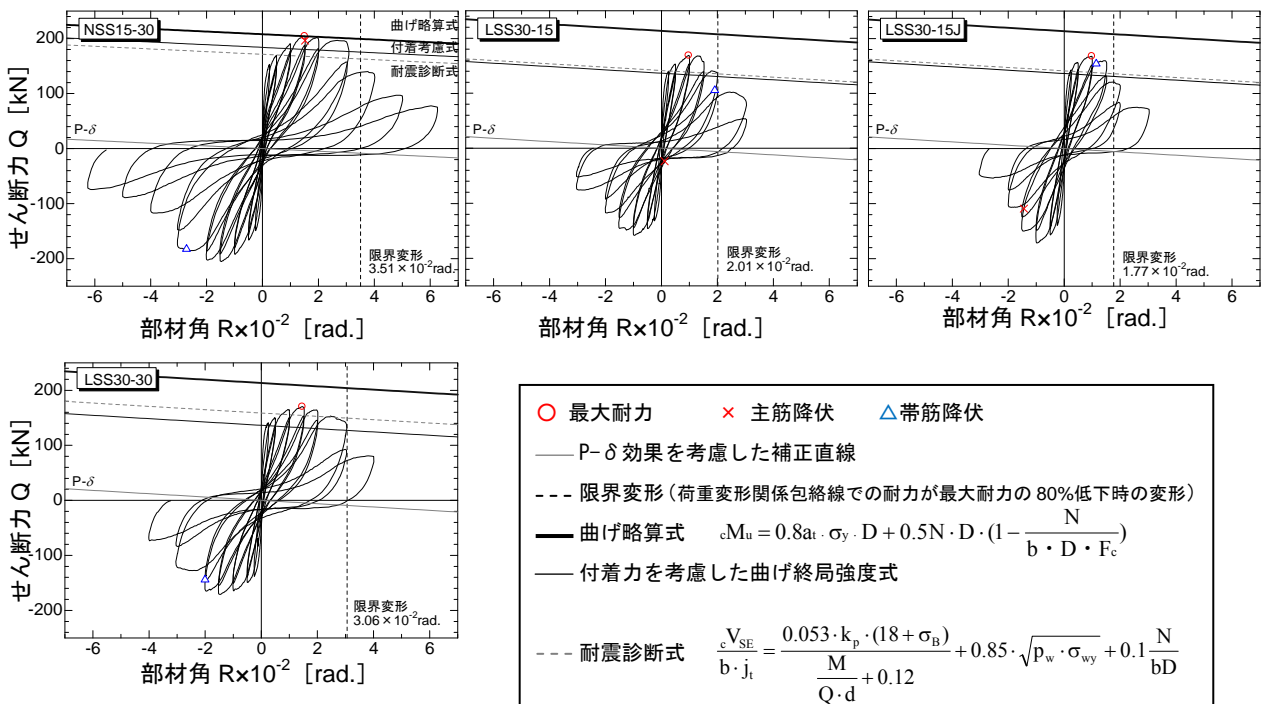


図-3 せん断力-部材角関係

となっている。破壊形式は曲げ降伏破壊直前の付着滑脱破壊であると考えられる。R=1/50rad.でせん断ひび割れが発生すると、その後は耐力低下が大きくなりR=1/20rad.で限界変形を迎えた。LSS30-15は最大耐力168.7kNに達すると同時に正方向でせん断ひび割れが発生した。その後は耐力低下を起こすが実験終了時まで軸力を維持できた。継手を設けたLSS30-15JはLSS30-15と比較すると最大耐力以降の耐力低下が異なり、限界変形も9割に下がっている。特に限界変形以降の耐力低下が大きい。LSS30-30はR=1/100rad.においてせん断ひび割れを経験した後、R=1/66rad.で最大耐力170.4kNに達した。せん断補強筋の少ないLSS30-15と最大耐力は変わらないものの、最大耐力以降の耐力低下は小さく限界変形は1.5倍となった。またR=-1/33rad.において帯筋が降伏し、その後は大きく耐力が低下した。

### 3.3 主筋のひずみ分布

図-4に各試験体の主筋ひずみゲージにおける正側加力時のひずみ性状を示す。同図中の破線は主筋の降伏ひずみ(1713 $\mu$ )を示している。また同変形で繰り返し加力した場合は1回目の値を示している。付着滑脱破壊したNSS15-30では、シアスパン比2.0及び1.5の試験体同様に<sup>3)</sup>R=1/200rad.程度で主筋は抜け出しており、そのひずみ分布はほぼ柱全長にわたって引張状態になり均等なひずみ分布となっている。またR=1/66rad.で本来は圧縮側である柱脚で主筋が引張降伏した。せん断破壊した低強度コンクリートを用いたLSS30-15、LSS30-30についても主筋が変形とともに圧縮側から引張側に移行しており、主筋の抜け出しの影響を受けていることがわかる。また継手を有するLSS30-15Jは継手部分で主筋のひずみが引張から圧縮へと反転しており、全体としてみると完全付着の試験体のひずみ分布で見られる逆対称型に近い分布を示しているもののそのひずみ量はあまり大きくない。

## 4. 耐力評価

### 4.1 せん断ひび割れ耐力評価

表-4にせん断ひび割れ耐力実験値と式(2)に示す靱性保証型せん断ひび割れ耐力式<sup>6)</sup>による計算値の比較を示す。なお、NSS15-30は最大耐力に至るまでせん断ひび割れが発生しなかった。

$$V_c = \phi \left( \sqrt{\sigma_T^2 + \sigma_T \cdot \sigma_0} \right) \frac{b \cdot D}{\kappa} \quad \dots (2)$$

b: 柱幅[mm]    D: 柱せい[mm]

$\phi$ : 耐力係数 (=1.0)     $\kappa$ : 断面形状係数

$\sigma_T$ : コンクリートの引張強度 (=0.33 $\sqrt{\sigma_B}$ )

$\sigma_0$ : 柱軸方向応力度 [N/mm<sup>2</sup>]

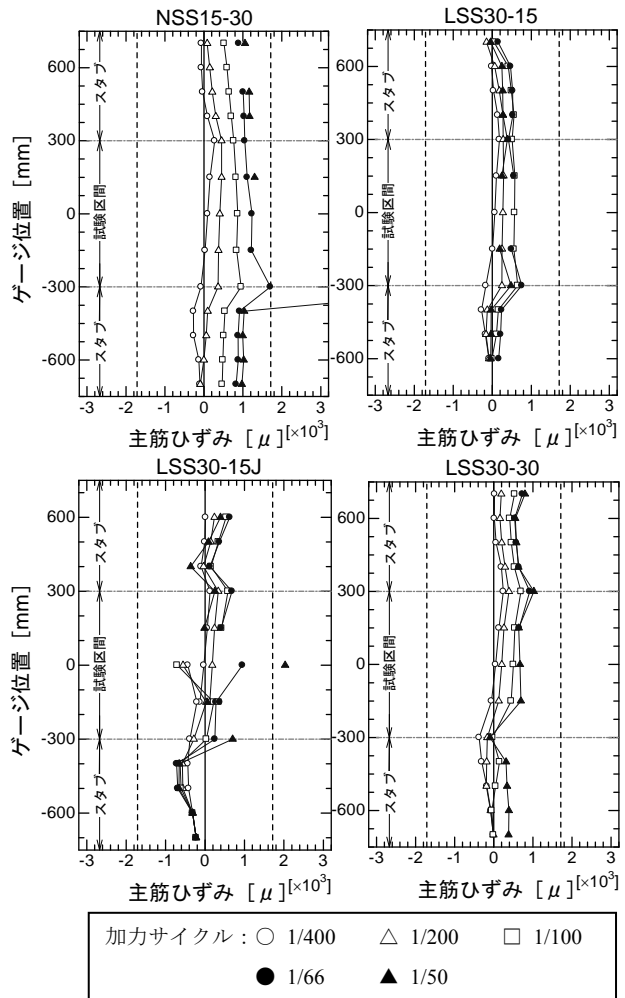


図-4 主筋のひずみ分布 (正側加力時)

表-4 せん断ひび割れ耐力の検討

試験体名	せん断ひび割れ発生荷重 [kN]		靱性保証型 <sup>6)</sup>		
	正	負	計算値 [kN]	実験値/計算値	
				正	負
NSS15-30	-*	-	148.7	-	-
LSS30-15	167.0	-125.5	136.8	1.22	0.92
LSS30-15J	147.6	-164.0		1.09	1.20
LSS30-30	164.8	-109.1		1.20	0.80

\*最大耐力に達するまでせん断ひび割れが発生しなかった

低強度コンクリートを用いた試験体の実験値/計算値は0.80~1.22である。せん断ひび割れ耐力は、低強度コンクリートで造られた柱についても式(2)を用いることによって適切に評価できることがわかる。また、普通強度コンクリートを用いたNSS15-30がせん断ひび割れ耐力計算値を大きく上回り、最大耐力時までにはせん断ひび割れが発生しなかったのは、実際の引張強度(1.95N/mm<sup>2</sup>)が圧縮強度を用いて計算した値(1.45N/mm<sup>2</sup>)よりやや大きいこと、せん断ひび割れ耐力式の変動係数が35.4%とややばらつき大きいことが原因であると考えられる。

表－５ 各試験体の最大耐力と計算耐力の比較

試験体名	実験値 [kN]	曲げ				せん断								
		略算式		付着力を考慮した曲げ終局強度式		終局強度型 A 法 <sup>7)</sup>		耐震診断式 (荒川 min 式)		修正耐震診断式				
		計算値 [kN]	実/計	計算値 [kN]	実/計	計算値 [kN]	実/計	計算値 [kN]	実/計	計算値 [kN]	実/計			
NSS15-30	204.2	207.8	0.98	183.9	1.11	197.9	1.03	171.3	1.19	171.3	1.19			
LSS30-15	168.7	213.3	0.79	136.4	1.24	119.1	1.42	141.3	1.19	131.0	1.29			
LSS30-15J	167.9		0.79		1.24		1.42		1.20		1.29			
LSS30-30	170.4		0.80		1.25		155.4		1.10		158.7	1.07	147.1	1.16

※終局強度型 A 法  $V_A = b \cdot j_t \cdot p_w \cdot \sigma_{wy} \cdot \cot \phi + (1 - \beta) \nu \sigma_B \cdot \frac{bD}{2} \cdot \tan \theta$

4.2 極短柱の最大耐力評価

各試験体の最大耐力と計算耐力の比較を表－５に示す。なお、付着力を考慮した曲げ終局強度式の計算には、本試験体が水平打設であったことを考慮して、主筋の付着強度  $\tau_b$  について、丸鋼を用いた場合の水平上端筋の短期許容付着応力度  $0.06 \sigma_B$  を用いている<sup>6)</sup>。

普通強度コンクリートを用いた NSS15-30 はせん断破壊先行型の試験体であるが、最大耐力に至るまでせん断ひび割れが発生せず付着滑脱破壊した。実験値に対する付着力を考慮した曲げ終局強度式による計算値の比は 1.11 である。一方、低強度コンクリートを用いた試験体は付着滑脱破壊先行型に設計されているが、最大耐力は付着力を考慮した曲げ終局強度式の値を上回りせん断破壊した。これは極短柱の場合曲げひび割れが柱頭・柱脚-スタブ間に集中するため、危険断面位置のコンクリートは圧縮領域の周辺の健全なコンクリートの拘束により、コンクリートの見かけの圧縮強度が上昇しているためと考えられる<sup>8)</sup>。よって、極短柱部材の最大耐力や破壊形式の決定に関する付着力を考慮した曲げ終局強度式の適合性はあまり良くないことがわかった。

低強度コンクリート柱部材のせん断耐力評価として、耐震診断式に低減係数  $k_f$  を乗じて低減させる方法 (修正耐震診断式) が提案されている<sup>9)</sup> が、修正耐震診断式は実際の抵抗機構を反映したものではない。せん断破壊した LSS シリーズの最大耐力に対する、修正耐震診断式による評価は安全側となっているものの、実験結果は帯筋量にかかわらず一定の値となった。本来トラス機構において要求される主筋の引張力に対して、丸鋼の付着力が低く抵抗できないためと考えられる。そのため主筋に丸鋼が用いられている場合、せん断耐力評価にも丸鋼の付着力を考慮することが重要である。

そこで付着力を考慮したせん断耐力式として、文献<sup>10)</sup>の付着力を考慮したアーチ・トラス理論式をもとに、コンクリートの付着力が主筋に対して十分ある場合にも対応するように拡張した式 (3) について検討した。

表－６ 主筋の付着力が小さいことを考慮したせん断耐力式の検討

試験体名	付着力を考慮したせん断終局強度式	
	計算値 [kN]	実/計
NSS15-30	225.0	0.92
LSS30-15	141.4	1.19
LSS30-15J		1.19
LSS30-30		1.21

$$V_u = V_t + V_a \quad \dots (3)$$

$$V_t = \min \left( \sum (\tau_b \cdot \psi) j_t, 2 \cdot b \cdot j_t \cdot p_w \cdot \sigma_{wy} \right) \quad \dots (4)$$

$$V_a = \left\{ \nu \cdot \sigma_B - \frac{2.5 \cdot V_t / j_t}{b} \right\} \frac{b \cdot D}{2} \tan \theta \quad \dots (5)$$

$$\tan \theta = \left\{ \sqrt{[(L/D)^2 + 1]} - L/D \right\} \quad \dots (6)$$

ここで、

$j_t$  : 引張鉄筋と圧縮鉄筋の中心間距離 [mm]

$L$  : 柱クリアスパン長さ [mm]

$p_w$  : せん断補強筋比

$V_t, V_a$  : 付着力を考慮したトラス、アーチ機構分担分 [N]

$\phi$  : 鉄筋周長 [mm]

$\nu$  : コンクリート圧縮強度の有効係数 (=1.0)

$\sigma_{wy}$  : せん断補強筋の降伏強度 [N/mm<sup>2</sup>]

$\tau_b$  : 丸鋼の許容付着応力度

(=min(0.09  $\sigma_B$ , 1.98)) [N/mm<sup>2</sup>]

ここで、極短柱部材ではせん断ひび割れ荷重に見られるように、最大耐力付近までせん断ひび割れが発生しないため、コンクリート自体が損傷を受けないことから、コンクリート圧縮強度の有効係数  $\nu$  を 1.0 としている。なお、本試験体の計算には付着力を考慮した曲げ終局強度式と同様に、主筋の付着強度  $\tau_b$  は先に述べた理由で  $0.06 \sigma_B$  を用いている。表－６のように実験値/計算値は 0.92~1.21 と、耐震診断式と比較しほぼ同程度

の適合性を示すものとなった。

また、提案式に対して既往の研究から丸鋼を用いたシアスパン比1以下の極短柱実験<sup>8)・11)~16)</sup>を調査し、提案式との適合性を検討した。用いた試験体概要を表-7に示す。図-5に最大耐力に関して実験値と計算値の比較を修正耐震診断式と提案式について示す。提案式は修正耐震診断式より実験値に近く、実験値の傾向は大略つかめているが、評価式を下限式と捉えるならば修正耐震診断式に比べやや危険側の評価となっている。提案式を用いることで主筋に丸鋼を用いた極短柱のせん断性状に関して理論的に評価できることがわかった。

表-7 検証対象に用いた試験体概要

コンクリート種別	データ数	コンクリート強度 $\sigma_c$ (MPa)	軸力比 $\eta$	引張鉄筋比 $\rho_t$ (%)	せん断補強筋比 $\rho_w$ (%)
普通強度	21	13.7~29.8	0.07~0.50	0.31~2.19	0.00~1.33
低強度	6	11.8~12.7	0.08~0.16	0.64~0.68	0.15~0.85

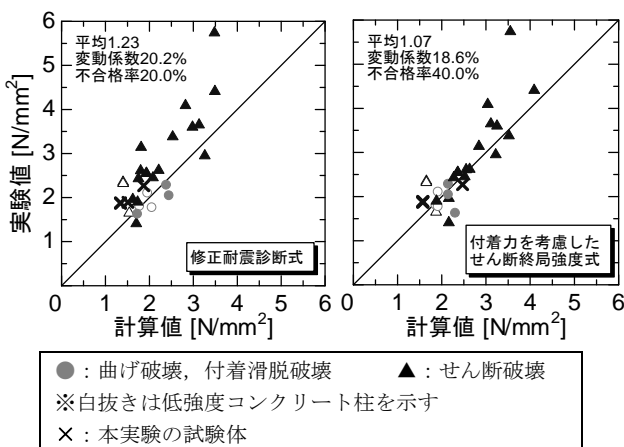


図-5 実験値と計算値の比較

## 5. まとめ

本研究では、主筋に丸鋼を用いた低強度コンクリート極短柱の曲げ・せん断性能を柱部材実験により検証し、本実験の範囲において以下のことがわかった。

- (1) 低強度コンクリートを用いた試験体では、付着力を考慮した曲げ終局強度式は適合せず、せん断破壊した。
- (2) 主筋に丸鋼を用いた場合、せん断性能の評価についても主筋の付着力を考慮することが重要であり、付着力を考慮したせん断終局強度式を用いることで適切な評価ができることを明らかにした。

## 謝辞

本研究の実施にあつては平成22年度科学研究費補助金(基盤研究(B)課題番号:21360268 代表研究者:広島大学大学院准教授 荒木秀夫)の助成を受けた。また、耐力評価においては福山大学南宏一教授にご教示いただいた。ここに記して謝意を表する。

## 参考文献

- 1) 日本建築防災協会:2001年改訂版既存鉄筋コンクリート建築物の耐震診断基準・同解説, 2001.1
- 2) 坂巻健太, 広沢雅也ほか:既存コンクリート造建築物のコンクリート強度に関する研究, 日本建築学会大会学術講演梗概集, C-2 構造IV, pp.801-804, 2001.9
- 3) 伊木勇人, 松井剛ほか:丸鋼を用いた低強度コンクリート柱の耐震性能評価, コンクリート工学年次論文集, pp.889-894, 2010
- 4) 上田洋一, 他3名:低強度コンクリートの建物に対するRC巻き立て工法と鋼板内臓コンクリート補強工法の併用補強に関する実験的研究(その4), 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp.649-650, 2010.9
- 5) 保木和明, 芳村学:主筋に丸鋼を用いた鉄筋コンクリート柱の付着性能, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp.309-310, 2007.8
- 6) 日本建築学会:鉄筋コンクリート造建築物の靱性保証型耐震設計指針・同解説, 1999
- 7) 日本建築学会:鉄筋コンクリート造建築物の終局強度型耐震設計指針・同解説, 1990
- 8) 滝口克己, 市之瀬敏勝ほか:丸鋼を用いた鉄筋コンクリート柱の変形挙動, 日本建築学会構造系論文報告集, pp.59-70, 1985.3
- 9) 建築研究振興協会ほか:既存建築物の耐震診断・耐震補強設計マニュアル2003年度版 増補版2007年, 2007.12
- 10) 根口百世, 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7), 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp.17-20, 2008
- 11) 服部高重, 大野和男:繰返し水平力を受ける鉄筋コンクリート柱の破壊性状について, 日本建築学会大会学術梗概集, pp.717-718, 1970.9
- 12) 岩崎良二, 他3名:鉄筋コンクリート実大短柱の曲げせん断実験(その1, その2), 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp.787-790, 昭和46.11
- 13) 斎藤完治, 中田慎介:鉄筋コンクリート短柱の崩壊防止に関する総合研究(その45), 日本建築学会大会学術講演梗概集 pp.1411-1412, 1976.8
- 14) 石垣彰久, 他2名:組み合わせ応力下の鉄筋コンクリート短柱の破壊耐力に関する実験的研究, 日本建築学会大会学術梗概集, pp.1317-1318, 1981.9
- 15) 蓼原真一:多段配筋柱のせん断耐力に関する実験的研究, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp.2119-2120, 1981.9
- 16) 五十嵐泉, 他2名:RC造柱の地震後の残存軸耐力に関する研究(その3), 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp.315-316, 2007.7