

高密度配筋された実大および縮小 RC 梁試験体の構造性能に関する実験的研究

(その1. 実験概要および結果概要)

正会員 ○都祭 弘幸\*1 同 大久保 貴弘\*2 同 谷 昌典\*3 同 坂下 雅信\*4  
同 福山 洋\*5 同 和泉 信之\*6 同 勅使川原 正臣\*7 同 北山 和宏\*8

部材種別           せん断補強指標   寸法効果  
スラブ効果       せん断余裕度     付着設計

1. はじめに

文献1)では「部材種別 FA と同等の変形性能を有する梁部材」として必要な限界変形角 ( $R=25 \times 10^{-3}$ rad程度) が確保できる条件として“せん断補強指標”を新たに提案している。この背景となる研究は文献2)であり、高強度材料の使用まで含めた107体の梁部材に関する実験研究結果データベースを基に誘導されたものである。ただし、既往の多くの構造実験研究が実物大ではなく、縮小試験体を使用していることから、実大では強度や変形性能が縮小試験体よりも低下するのではないか、という疑念がある。本研究は、提案された梁部材の部材判別方法に関して実験的に検証することを目的とするものである。

2. 部材種別の判定方法および試験体設計方針

鉄筋コンクリート造の梁部材の判定方法は、昭和55年建設省告示第1792号第4)に規定されている。梁部材の種別判定は、①せん断破壊、付着割裂破壊及び圧縮破壊しないこと、②せん断応力度レベル  $\tau_u / F_c$  の2項目から決定される。

文献1)の新たな判定法では、告示第1792号第4)による判定結果がFB、FCあるいはFDと判定されても式(1)および(2)を満足すれば部材種別FAと同等の変形性能を有すると判定できる。(記号は文献1)を参照のこと)

$$p_w \sigma_{we} / (v_0 F_c) \geq 0.10 \quad \text{〔せん断補強指標〕} \quad (1)$$

$$l_0 / D \geq 2.0 \quad \text{〔内法長さ比〕} \quad (2)$$

本研究の目的である部材種別FB以下で式(1)左辺の値が0.1近傍の梁試験体設計は困難であったため、下記を設計方針とした。

- ・ 現行告示でFB以下 ( $\tau_u / F_c > 0.15$ )
- ・ せん断余裕度 (修正荒川 mean 式)  $Q_{su} / Q_{mu} > 1.0$
- ・ 付着割裂破壊の防止(スラブ考慮なし)<sup>4)</sup>  $\tau_f / \tau_{bu} < 1.0$
- ・ 内法長さ比 2.0 以上

3. 試験体概要

前節の条件により計画した試験体一覧を表1に、試験体断面を図1に示す。試験体パラメータは寸法効果とスラブの有無である。表1の曲げ・せん断終局強度等は、材料試験結果を考慮した値である。なお、修正荒川 mean 式では中子筋タイプであることを考慮し、せん断補強筋比の上限を0.15%として計算した<sup>3)</sup>。スラブ付き断面の場合には、曲げ強度に全スラブ筋を考慮し、せん断強度にはスラブ有効幅  $b_e (\leq 1.2b)$  を考慮している。付着に対する設計は、コンクリート・主筋の材料試験結果を用いて付着応力度  $\tau_f$  が付着信頼強度  $\tau_{bu}$  を下回るように設計<sup>4)</sup>されている(1段筋で  $\tau_f / \tau_{bu} = 0.93 \sim 0.98$ )。また、高強度せん断補強筋を使用しているので文献5)の付着割裂の影響を考慮したせん断強度に関しても余裕度が1.0を上回るよう計画した。いずれの試験体もせん断応力度レベルが0.15~0.20にある曲げ降伏先行型の梁部材である。実大試験体と縮小試験体は、コンクリートの最大粗骨材寸法を除き、断面寸法、スパン、主筋位置、鉄筋径など縮尺1/2となるよう計画している。使用した鉄筋の材料試験結果を表2に示す。試験体製作時コンクリート打設は、通常の梁と同じように梁上端筋側から行った。

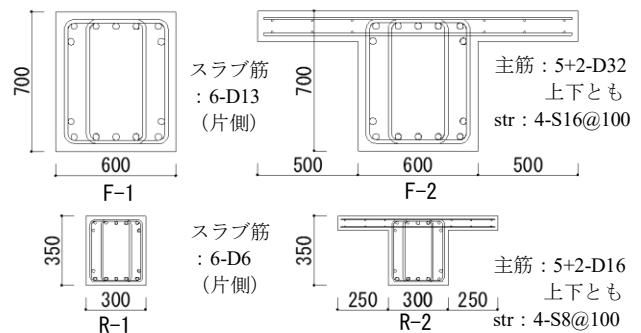


表1. 試験体一覧

図1. 試験体断面

試験体	サイズ	断面		スラブ有無	主筋		せん断補強筋		スラブ片側断面配筋	内法長さ(長さ比)	コンクリート強度 $\sigma_B$ N/mm <sup>2</sup>	曲げ強度 $Q_{mu}$ kN	せん断強度 $Q_{su}$ kN	せん断応力度 $\tau_u / F_c$	せん断余裕度 <sup>1)</sup> $Q_{su} / Q_{mu}$	せん断補強指標	せん断余裕度 <sup>2)</sup> $Q_{ub} / Q_{mu}$
		b mm	D mm		(上下とも2段配筋)	$p_t$ %	配筋材種	$p_w$ %									
F-1	実大	600	700	無	5-D32	1.53	4-S16@100 (SD785)	1.33	150×500	2100 (3.0)	23.4	1305.3	1445.5	0.176	1.11	0.392	1.22
F-2				有	2-D32 (SD390)												
R-1	縮小	300	350	無	5-D16	1.54	4-S8@100 (SD785)	1.33	75×250	1050 (3.0)	23.7	311.6	359.9	0.166	1.16	0.393	1.29
R-2				有	2-D16 (SD390)												

1) 修正荒川mean式による値 スラブ付き試験体の()内の数値は有効幅を考慮した値, 2) 高強度せん断補強設計指針式による値

表 2. 鉄筋材料試験結果

呼び径	材種	降伏強度 N/mm <sup>2</sup>	引張強度 N/mm <sup>2</sup>	伸び率 %	使用箇所
D32	SD390	453.4	625.2	20.1	実大主筋
D16	SD390	431.8	619.4	21.7	縮小主筋
S16	SD785	868.0	1097.0	8.5	実大せん断補強筋
S8	SD785	844.4	1025.4	6.0	縮小せん断補強筋
D13	SD295A	355.6	521.4	28.0	実大スラブ筋
D6	SD295A	356.0	583.8	19.1	縮小スラブ筋

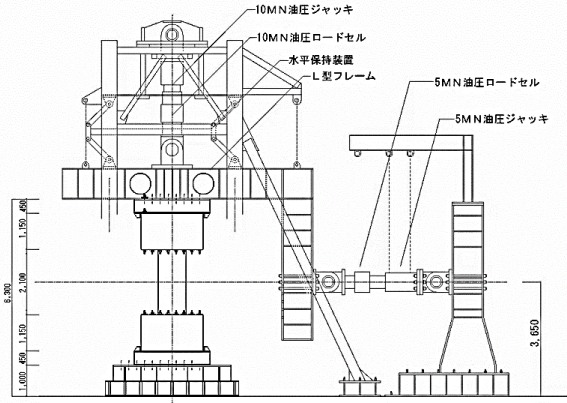


図 2 建研式逆対称加力装置（実大試験体用）

4. 実験方法・測定方法

荷重は図 2 に示す建研式逆対称加力装置を用いて、軸方向力をほぼゼロに保持した状態で正負交番の繰返し漸増荷重を行った。制御は実大・縮小試験体ともに、部材角  $R=\pm 1/1600\text{rad}$  を 1 回、 $\pm 1/800$ ,  $\pm 1/400$ ,  $\pm 1/200$ ,  $\pm 1/133$ ,  $\pm 1/100$ ,  $\pm 1/50$ ,  $\pm 1/33$ ,  $\pm 1/25\text{rad}$  を各 2 回繰り返すことを計画した。さらに破壊状況により  $R=\pm 1/20\text{rad}$  を 1 回繰返し、最後は  $R=\pm 1/10\text{rad}$  まで押し切ることとした。

計測は鉛直変位・は梁上下面の曲率変形のほか、主筋・せん断補強筋に貼付したひずみゲージによりひずみを測定した。

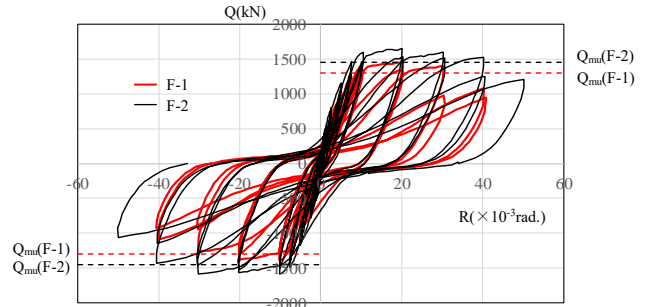
5. 実験結果

各試験体の荷重一部材角関係を図 3 に、最終破壊状況を写真 1 に示す。いずれの試験体も  $R=1/100\text{rad}$  で端部の全主筋が降伏し、 $R=1/50\text{rad}$  で最大耐力となった。矩形断面試験体(F-1, R-1)は梁上端筋の付着割裂破壊が顕著であったが、スラブ付き断面試験体(F-2, R-2)では付着割裂破壊よりも端部せん断によるコンクリートの破壊が著しかった。スラブ付き断面の方がせん断応力は高いが、矩形断面よりも変形性能に優れていた。曲げ終局強度を維持できる部材角は、縮小試験体・実大試験体ともに包絡線で判断すると文献 1)が目標とする限界変形角  $R=1/40\text{rad}$  以上であった。

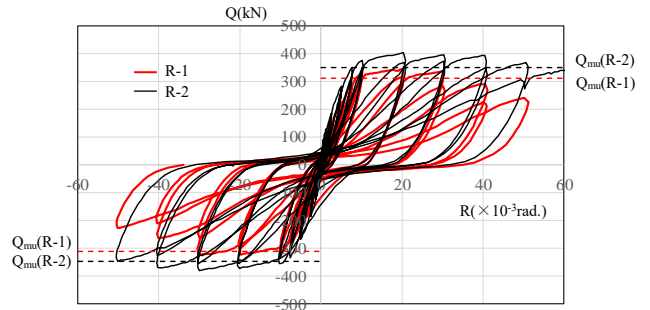
6. まとめ

本実験により以下の知見が得られた。

- 1) せん断応力レベル  $\tau_u/\sigma_B$  が 0.15 を超える部材種別 FB



(a) 実大試験体



(b) 縮小試験体

図 3. 荷重一部材角関係

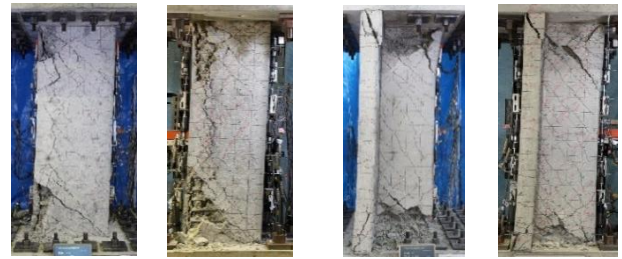


写真 1. 最終破壊状況

の梁部材でも、修正荒川 mean 式によるせん断余裕度が 1.0 以上かつ付着応力が付着信頼強度以下であれば曲げ先行型となる。2) 矩形断面では上端主筋の付着割裂破壊が進展し、スラブ付き断面では端部せん断破壊が進んだ。付着割裂に対する余裕度がほとんどない場合でもスラブ効果により付着割裂破壊を抑制できたと考えられる。3) 曲げ終局強度を維持できる部材角は、縮小試験体・実大試験体ともに包絡線では  $R=1/40\text{rad}$  以上であった。

謝辞

本研究は、国土交通省建築基準整備促進事業 S22「高密度配筋を行った鉄筋コンクリート造部材の部材種別の評価に関する検討」および(国研)建築研究所指定課題「既存建築物の地震後継続使用のための耐震性評価技術の開発」により実施した。

参考文献

- [1] 日本建築学会：鉄筋コンクリート構造保有水平耐力計算規準(案)・同解説, 2016, [2] 石川裕次ほか：鉄筋コンクリート梁部材の塑性変形性能に関する検討, 構造工学論文集 Vol.61B, pp.71-80, 2015, [3] 日本防災協会・日本建築センター：2015 年版建築物の構造関係技術基準解説書, 2015.6, [4] 日本建築学会：鉄筋コンクリート造建物の靱性保証型耐震設計指針・同解説, 1999, [5] 高強度せん断補強筋メーカー：高強度せん断補強筋設計施工指針・同解説

\*1 福山大学                      \*2 富士建設(株)元福山大学大学院生                      \*1 Fukuyama University                      \*2 Fuji Construction Co, Ltd.  
 \*3 京都大学                      \*4 建築研究所                      \*3 Kyoto University                      \*4 Building Research Institute  
 \*5 国立技術政策総合研究所                      \*6 千葉大学                      \*5 National Institute for Land and Infrastructure Management  
 \*7 名古屋大学                      \*8 首都大学東京                      \*6 Chiba University                      \*7 Nagoya University                      \*8 Tokyo Metropolitan University