

RC梁のせん断補強筋とクラック幅に関する研究
その3.ひずみレベルからの最大クラック幅の推定

正会員 ○菊池 健太郎*1
同 石井 次次郎*2
同 島崎 和司*3

RC梁 せん断クラック 付着性能
一軸引張試験 付着強度試験 付着剛性

1.はじめに

昨年度実施したその1と本年度実施したその2で得られた結果と昨年度実施したその1の試験体数を各3体以上となるよう追加で行った結果を合わせ、その3ではひずみレベルからの最大クラック幅の推定を試みる。本実験で扱うせん断クラックはせん断補強筋の負担分のみでありコンクリートの負担分についての検討はまた別途必要である。

2.せん断試験

せん断試験は図1に示すように平板上の試験体にせん断力を加えてせん断補強筋とコンクリートによるトラス機構を模擬したものである。その1と新たに追加で行った試験の試験体一覧を表1に示す。その1の結果より試験体数を3体以上となるよう増やし、D6@120についてはコンクリートのひび割れ耐力をせん断補強筋の降伏耐力 p_y が下回っていたため高強度鉄筋 U7.1 に変更した。No.1~16は補強筋比一定の試験体、No.2、12~14、17~22は補強筋間隔一定の試験体である。実験により、昨年度実施したその1の結果と同様の傾向が確認できた。追加で行った実験の詳細は別途報告予定である。

ピーク荷重から $2/3p_y$ まで除荷したときの最大クラック幅の残留率を図2に示す。短期荷重に相当する 2000μ を経験したあと、長期荷重にあたる 1500μ まで除荷すると最大クラック幅は9割程度残留する。せん断力より仮定したせん断補強筋のひずみとせん断力の関係を図3に示す。パラメータ毎の傾きには相関性が確認でき、繰り返し載荷により定着部が抜け出すことで同じひずみレベルでもクラック幅が増大していることが考えられる。

本研究ではせん断補強筋が短期荷重に相当する 2000μ を経験すると長期荷重時の残留最大クラック幅 $L_{cr_{max}}$ は $0.3mm$ を大きく上回る結果となった。図2より、 $L_{cr_{max}}$ はピーク時クラック幅 $s_{cr_{max}}$ の9割程度であり、 $L_{cr_{max}}$ を $0.3mm$ 以下にするためには、 $s_{cr_{max}}$ は $0.33mm$ 以下にする必要がある。図3において、 $s_{cr_{max}}$ が $0.33mm$ 以下となるひずみレベルは $600 \sim 1000 \mu$ 以下である。今回の試験体の範囲内では、ピーク時に経験するひずみレベルを $600 \sim 1000 \mu$ 以下にすることで、 $L_{cr_{max}}$ を $0.3mm$ に収めることが可能である。

2.一軸引張試験

総クラック幅 Σw は補強筋の伸び量と同値であると仮定する。このとき補強筋の平均ひずみ ϵ_{av} にせん断補強筋の

表1 せん断試験：試験体一覧

試験体 No.	せん断補強筋				主筋				
	径	本数	補強筋間隔 (mm)	補強筋比 (%)	降伏耐力 (kN)	径	降伏耐力 (kN)		
1	D6	11	50	0.36	117	D19	154		
10					129		153		
11					128		154		
2	D10	5	120	0.34	123	D19	153		
12					131		154		
13					130		153		
14	D13	3	200	0.36	131	D19	154		
15					130		153		
16					131		154		
17	U7.1	5	120	0.15	278	D22	265		
18					0.60			217	265
19									
20	D13	5	120	0.60	217	D22	265		
21									
22									

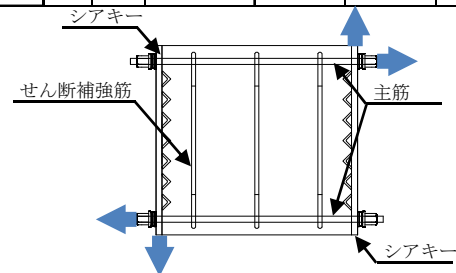


図1 せん断試験の概要

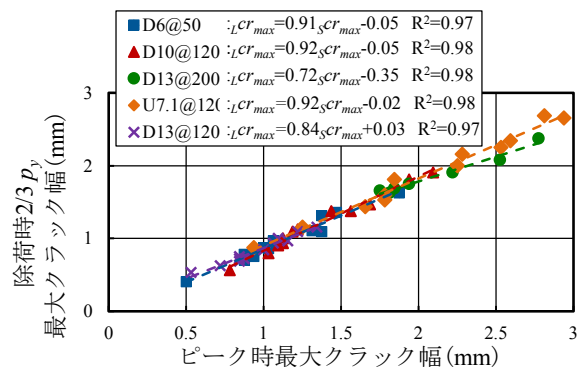


図2 ピーク時最大クラック幅-除荷時最大クラック幅関係

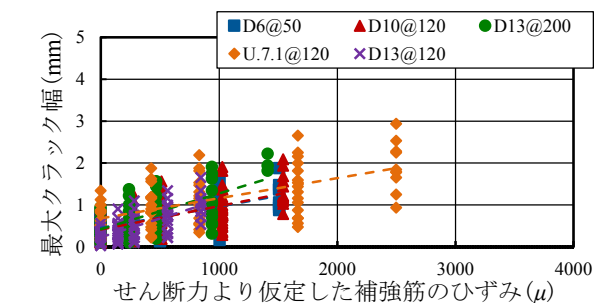


図3 せん断力-せん断力より仮定したひずみ関係

長さ 500mm を乗じ総クラック幅の計算値とした。せん断補強筋のひずみと総クラック幅の関係を図 3 に示す。図 4 (i) では、ひずみゲージより得たせん断補強筋のひずみの平均値を横軸に、図 4 (ii) では引張力より仮定したせん断補強筋のひずみを横軸に示している。同図中にはそれぞれ総クラック幅の計算値を示している。図 4 (i) では概ね計算値は実験値を上回っており、安全側の評価となっている。図 4 (ii) では、1000 μ 以下の部分で計算値を大きく上回っている。これは、せん断補強筋の残留ひずみを評価していないことが原因であると考えられる。付着性能とピーク時から 0kN に除荷するまでの最大クラック幅の関係を図 5 に示す。最大付着応力度では高い相関性が確認できるが、付着剛性では相関性はあまり高くない。図 6 に、その 2 の図 5 に示した総クラック幅-最大クラック幅関係の傾きと最大クラック幅の関係を示す。クラックの分散性と最大付着応力度には高い相関性があることが確認できる。

図 6 より得られた傾きの式より、最大クラック幅と総クラック幅の関係は以下の式で表せる。

$$cr_{max} = \Sigma cr(0.036\tau_{max} + 1.10) + 0.08 \quad (1)$$

(1)式と最大クラック幅の対応を図 7 (i) に示す。最大付着応力度と総クラック幅により最大クラック幅が精度よく推定できている。式(1)の総クラック幅に引張力より仮定したせん断補強筋のひずみと補強筋の長さを代入し以下の式を得る。

$$cr_{max} = 500\epsilon(0.036\tau_{max} + 1.10) + 0.08 \quad (2)$$

(2)式と最大クラック幅の対応を図 7 (ii) に示す。最大付着応力度とせん断補強筋のひずみ ϵ により精度よく最大クラック幅が推定できている。

残留最大クラック幅を 0.3mm 以下とすることにあたって、その 2 の図 6 (ii) に示したクラック幅の残留率より短期荷重時に経験できるクラック幅は 0.375mm 以下とする必要がある。(2)式より本実験の範囲内(2.53~19N/mm²)では損傷制御のための短期荷重時に経験するひずみレベルを 650~1500 μ 以内となるよう設計する必要がある。

3.まとめ

本研究により以下の知見を得た。

- ・ 損傷制御のための短期荷重時に経験するひずみレベルはパラメータにより大きく異なるが 600~1000 μ 程度とする必要がある。

本研究はせん断クラックにおける補強筋の負担分、トラス機構を対象とした検討であり、コンクリートの負担分については別途検討が必要である。

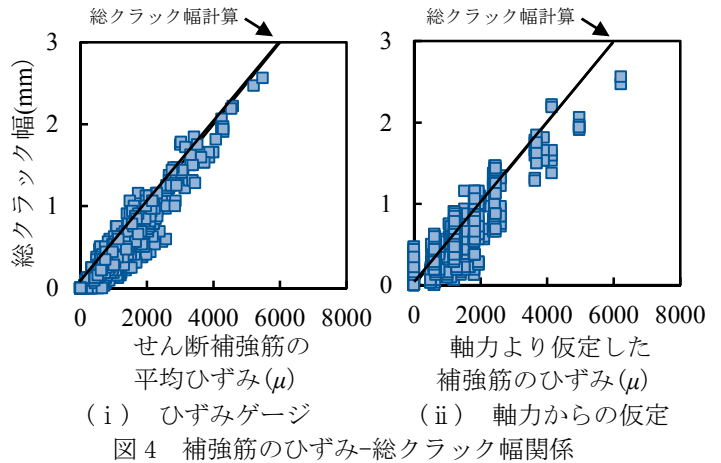


図 4 補強筋のひずみ-総クラック幅関係

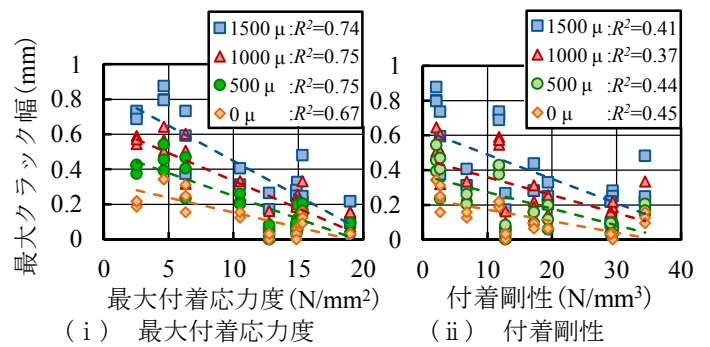


図 5 付着性能-クラック幅関係

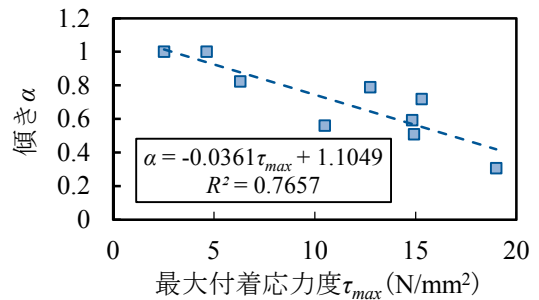


図 6 最大付着力-傾き関係

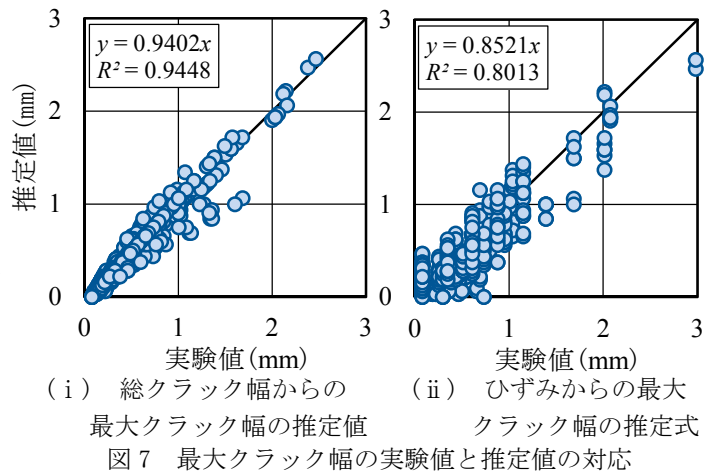


図 7 最大クラック幅の実験値と推定値の対応

*1 株式会社建研 修士(工学)
*2 神奈川大学 大学院生
*3 神奈川大学 博士(工学)

*1 KEN KEN Co.,Ltd., Ms Eng
*2 Graduate Student, of Architecture, Kanagawa University
*3 Prof.,Department of Architecture, Kanagawa University, Dr Eng