

RC 梁のせん断損傷に関する評価

九州工業大学 学生員 宮島 英樹 九州工業大学 正会員 幸左 賢二
 九州工業大学 学生員 坂田 秀生 大日本コンサルタント（株） 正会員 田崎 賢治

1. はじめに

本研究では、せん断補強筋量をパラメータとし、載荷実験供試体を対象として二次元弾塑性有限要素法解析を行い、コンクリート負担せん断力の挙動および引張せん断破壊メカニズムの解明に着目した検討を実施した。

また、FEM 解析において、引張破壊エネルギーを導入することにより、要素寸法依存性を軽減できることが既往の研究¹⁾により明らかとなっているが、本研究では引張破壊エネルギーを導入した解析モデルを追加し、比較、検討を行った。

2. 解析手法

表 - 1 に供試体諸元および解析ケースを示す。解析で適用した要素特性としては、コンクリートには平面応力要素で 8 節点アイソパラメトリック要素を用いた。鉄筋には Case-a および Case-c には埋め込み鉄筋要素を、Case-b でははり要素を用い、鉄筋とコンクリートは完全付着とした。各材料の降伏基準および破壊基準としては、コンクリートの二軸圧縮状態における圧縮域には Drucker-Prager の降伏基準を、引張域には最大主応力基準を用いた。また、鉄筋には Von-Mises の降伏基準を用いた。パラメータとしたせん断補強筋比は、それぞれ Case1 = 0.05%、Case2 = 0.28% と変化させている。

図 - 1 にコンクリートの応力度 - ひずみモデルを示す。ただし、引張破壊エネルギーを導入していない Case-a, Case-b では、 $\epsilon_t (= \sigma_y/E_s = 2000 \mu)$ まで直線的に下降しているモデルを、導入している Case-c では図 - 2 の引張軟化特性を用いた。図 - 2 の場合、 $\epsilon_t = 1330 \mu$ となる。また、鉄筋は降伏応力 σ_y に達した後に降伏ひずみ ϵ_{sy} の 8.5 倍とする降伏棚を設けている。

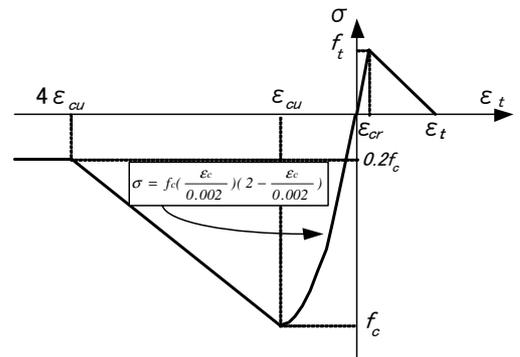


図 - 1 コンクリートの応力 - ひずみ関係

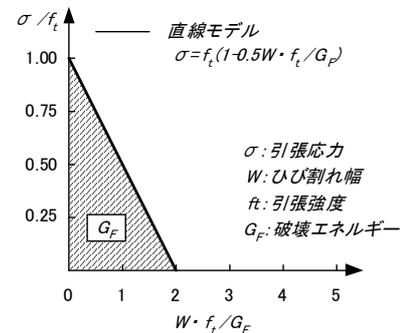


図 - 2 引張軟化特性

3. 実験結果および解析結果

本研究では式 (1) によりコンクリートの負担せん断力を、式 (2) によりせん断補強筋が負担するせん断力 (V_s) を算出した。

表 - 1 供試体諸元および解析ケース

供試体	P _{yo} (kN)	V _c (kN)	V _s (kN)	P _{yo} / (V _c +V _s)	コンクリート			鉄筋				要素タイプ	引張破壊エ ネルギーの 導入
					圧縮強度 f _c (N/mm ²)	引張強度 f _t (N/mm ²)	破壊エネルギー G _F (N/m)	降伏強度: N/mm ² (降伏ひずみ)					
								D4	D10	D22	D25		
Case1-a	302	139	16	1.95	28.4	3.4	342	399	389	382	埋め込み	無	
Case1-b											はり	無	
Case1-c											埋め込み	有	
Case2-a											埋め込み	無	
Case2-b											はり	無	
Case2-c											埋め込み	有	

P_{yo}: 初降伏曲げ耐力

キーワード RC 梁, 有限要素法解析, 引張破壊エネルギー, せん断損傷

連絡先 〒804-8550 福岡県北九州市戸畑区仙水町 1-1 TEL, FAX 093-884-3123

$$V_c = f_1 \cdot b \cdot j \cdot d \cdot \cot \theta \quad (1)$$

$$V_s = f_v \cdot A_v / s \cdot j \cdot d \cdot \cot \theta \quad (2)$$

また、実験における V_c は、測定したせん断補強筋ひずみを利用したせん断補強筋の負担するせん断力 V_s を算出し、 $V_c = V - V_s$ により算出した。

図 - 3 に実験の最大荷重時での Case1 における解析のひび割れひずみと実験のひび割れの比較を示す。Case1-a と Case1-b を比較すると、Case1-a は実験のひび割れを比較的精度良く捉えているが、Case1-b では顕著なひび割れひずみが現れていない。Case1-b では鉄筋にはり要素を用いており、せん断補強筋が二軸方向の引張を評価している。そのために埋め込み鉄筋要素を用いた Case1-a よりもせん断補強筋が主引張応力を多く負担し、ひずみを抑制したと考えられる。

次に Case1-a と Case1-c を比較すると、図 - 3 ではあまり違いが見られてない。しかし、図 - 4 に示すコンクリート負担せん断力 - 鉛直変位関係でのそれぞれの最大値は大きく異なっている。引張破壊エネルギーを低下させた差が、コンクリート負担せん断力の最大値に影響を与えていると考えられる。これは、せん断損傷評価に用いた箇所の引張破壊エネルギーが低下したことから、1 要素の主引張応力の低下が早くなっていることが考えられる。Case2 についても同様な結果が得られた。また、はり要素を用いた Case1-b、Case2-b の最大値は実験値よりも高くなる結果となった。コンクリート負担せん断力の実験値/ 解析値は表 - 2 に示すように、埋め込み要素を用いた Case-a が最も実験値と適合しており、引張破壊エネルギーを考慮した Case-c は、今回の解析では実験結果の V_c を過小評価する結果となった。しかし、解析結果に影響を与える要因として他にもひび割れモデルの設定やひび割れ幅をひずみに変換するための等価長さの定義、鉄筋要素のモデル化など、複数の要因があるものと考えられることから今後も引き続き要因分析を行う予定である。

4. まとめ

本解析の結果で得られた知見として引張破壊エネルギーの差は、ひび割れ性状ではあまり現れないが、コンクリート負担せん断力の最大値には大きく影響することが明らかとなった。

参考文献：

- 1) 山谷敦, 中村光, 檜貝勇: 回転ひび割れモデルによる RC 梁のせん断挙動解析, 土木学会論文集 No.620/V-43, pp.187-199, 1999.5

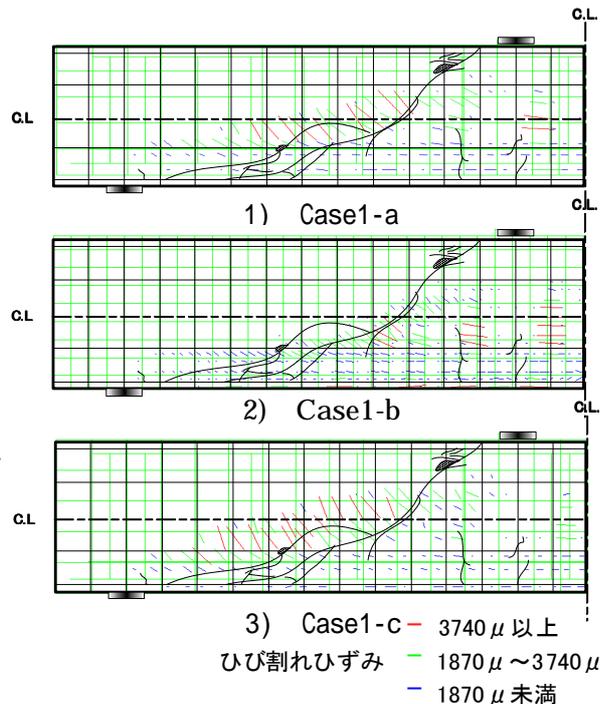


図 - 3 解析と実験のひび割れの比較

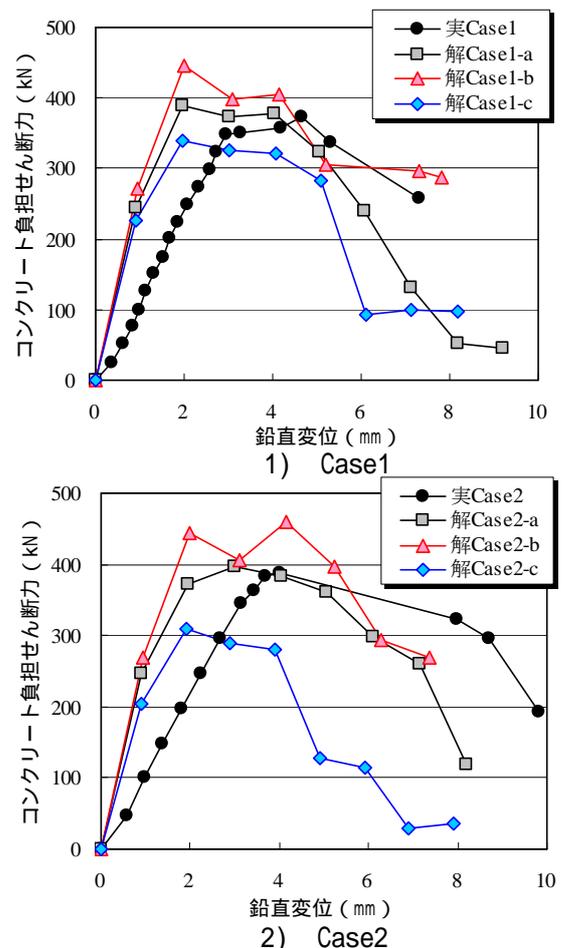


図 - 4 コンクリート負担せん断力 - 鉛直変位関係

表 - 2 V_c の実験値/ 解析値

	Case1	Case2
Case-a	0.99	0.98
Case-b	0.84	0.85
Case-c	1.09	1.25