

○東北大学 学 大築正明

東北大学 正 鈴木基行

東北大学 正 尾坂芳夫

1. まえがき

現行コンクリート標準示方書において、引張主鉄筋をコンクリート引張部に途中定着(cut off)させる場合の規定には、cut off部材の挙動の相違や、cut off位置による部材耐力の低下は考慮されておらず合理的なものとはいえない。これまで、著者らの研究により、単調漸増荷重を受けるcut off部材の基本的挙動は明らかにされてきたが、繰返し荷重を受けるcut off部材の挙動は、未だ十分に明らかにされていない。このような観点から、本研究では単調漸増荷重あるいは繰返し荷重を受けるcut off部材の力学的挙動、特に破壊形態と部材耐力の評価法を提案することを目的とする。

2. 破壊形態の分類

図-1のように、著者らの研究¹⁾²⁾によりcut off部材の挙動は、次の4つに分類されることが明らかになっている。

I型破壊：部材が降伏する前にせん断破壊する形態

II a型破壊：cut off断面で引張主鉄筋の降伏により部材降伏がもたらされ、ついでせん断破壊する形態。

II b型破壊：最大曲げモーメント断面の引張主鉄筋の降伏により部材降伏がもたらされ、ついでせん断破壊する形態

III型破壊：最大曲げモーメント断面の引張主鉄筋の降伏により部材降伏がもたらされ、コンクリートの圧壊で終局となる形態

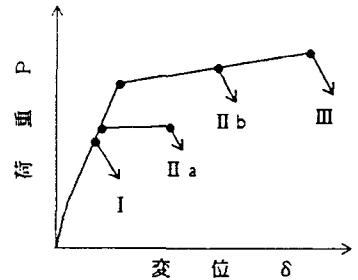


図-1 部材挙動の分類

3. 繰返し荷重を受けるcut off部材の挙動

繰返し荷重を受けた場合、I型破壊のせん断耐力は単調漸増荷重の場合に比べ低下するが、他の破壊形態の場合には低下が見られない。また、単調漸増荷重の際にも認められたcut off断面付近での引張主鉄筋のひずみの集中の領域は、より広がっていることが確認された。（1, 2, 4, Eシリーズが繰返し荷重）

4. cut off部材の破壊形態の予測方法、およびせん断耐力の評価法

cut off部材の破壊形態は、現行の曲げ耐力式、せん断耐力式、および著者らの提案したcut off部材のせん断耐力の算定式(S_{ca})を用いて予測することが可能である。

弾性計算上、最大曲げモーメント断面とcut off断面とが同時に降伏する場合には、cut off断面が先に降伏する。この事を踏まえ、計算上の曲げ耐力とせん断耐力を比較検討することにより、かなりの精度で破壊形態の予測ができる。

(1) スターラップがない場合

図-2にフローチャートを示す。

(2) スターラップがある場合

スターラップがない場合の破壊形態を検討し、図-2のようにスターラップ量に応じて破壊形態が移る。

予想破壊形態と実験で確認された破壊形態の比較を供試体諸元と共に表-1に示す。

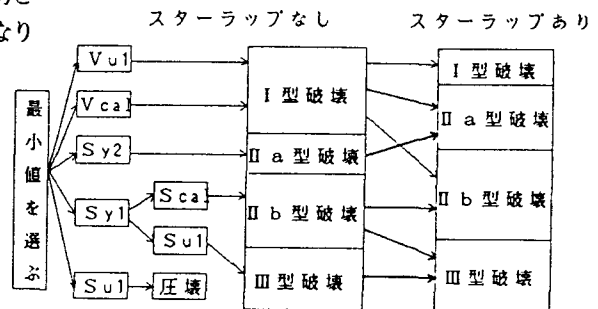


図-2 破壊形態の予測方法

計算に用いた式、および記号の意味を次に示す。

$$Mu = As \cdot f_y \cdot d \cdot \left(1 - \frac{0.60 \cdot \rho_1 \cdot f_y}{f_c} \right),$$

$$My = f_y \cdot As \cdot \left(d - \frac{x}{3} \right)$$

$$x = \frac{n \cdot As}{b} \cdot \left(-1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot b \cdot d}{n \cdot As}} \right),$$

$$Vu1 = 0.25 \cdot f_{ct} \cdot \kappa \cdot (1 + 50 \cdot \rho_{1c}) \cdot b \cdot d$$

$$Vu2 = Vu1 + 0.9 \cdot f_y \cdot d \cdot (1 + \cot \alpha) \cdot \sin \alpha \cdot \left(\frac{Asw}{s} \right), \quad S_{cal} = Vu \cdot \left(1 - \frac{L_{cut}}{a} \right)$$

Mu:終局曲げモーメント

My:降伏曲げモーメント

Vu:Vu1 あるいは Vu2

Vu1:cut offされた断面

表-1 供試体諸元 及実験結果

と同じ鉄筋比をもち、

スターラップがない供試

体のせん断耐力 (ス

ターラップが無いときの

せん断耐力式(CEB))

Vu2:cut offされた断面

と同じ鉄筋比をもち、

スターラップがある供試

体のせん断耐力

As:引張主鉄筋断面積

Asw:スターラップ断面積

f_y:鉄筋降伏強度

d:有効高さ

b:断面の幅

ρ₁:引張主鉄筋比

ρ_{1c}:cut off断面の

引張主鉄筋比

f_c:コンクリート圧縮強度

f_{ct}:コンクリート引張強度

x:圧縮縁から中立軸

までの距離(cm)

n:ヤング率比

κ:1.6-d (mm)

α:スターラップ配筋角度

s:スターラップ間隔

L_{cut}:支点からcut off

位置までの距離

a:せん断スパン

5. 今後の問題点

スターラップ量とその配筋方法が破壊形態に及ぼす効果や、cut off量が部材の挙動に及ぼす影響については、今後の課題である。

* 参考文献 1) 尾坂・鈴木・寺沢・小林: R/Cばりのせん断耐力に及ぼす引張主鉄筋途中定着の影響に関する研究 土木学会論文集 第366号 1986.2 2) 尾坂・鈴木・宮本・小林: 途中定着された引張主鉄筋を有する R/Cばりのせん断耐力評価と設計への適用に関する研究 土木学会論文集 第378号 1987.2

供試体名	b	d	a/d	L _{cut} /a	L _{cut} /d	Su	Sy1	Sy2	Su1	Vu1	Vu2	Vcal	予測	破壊	適否
1-1	50	40	4.50	0.50	2.25	12.29	14.16	14.60	14.48	13.39	13.39	6.70	1	1	○
1-2	50	40	4.50	0.50	2.25	12.29	14.16	14.60	14.48	13.39	13.39	6.70	1	1	○
1-3	50	40	4.50	0.50	2.25	12.29	14.16	14.60	14.48	13.39	13.39	6.70	1	1	○
1-4	50	40	4.50	0.50	2.25	12.29	14.16	14.60	14.48	13.39	13.39	6.70	1	1	○
1-5	50	40	4.50	0.50	2.25	12.29	14.16	14.60	14.48	13.39	13.39	6.70	1	1	○
1-6	50	40	4.50	0.50	2.25	12.29	14.16	14.60	14.48	13.39	13.39	6.70	1	1	○
1-7	50	40	4.50	0.50	2.25	12.29	14.16	14.60	14.48	13.39	13.39	6.70	1	1	○
1-8	50	40	4.50	0.50	2.25	12.29	14.16	14.60	14.48	13.39	13.39	6.70	1	1	○
1-9	50	40	4.50	0.50	2.25	12.29	14.16	14.60	14.48	13.39	13.39	6.70	1	1	○
1-10	50	40	4.50	0.50	2.25	12.29	14.16	14.60	14.48	13.39	13.39	6.70	1	1	○
1-11	50	40	4.50	0.50	2.25	12.29	14.16	14.60	14.48	13.39	13.39	6.70	1	1	○
1-12	50	40	4.50	0.50	2.25	12.29	14.16	14.60	14.48	13.39	13.39	6.70	1	1	○
1-13	50	40	4.50	0.50	2.25	12.29	14.16	14.60	14.48	13.39	13.39	6.70	1	1	○
1-14	50	40	4.50	0.50	2.25	12.29	14.16	14.60	14.48	13.39	13.39	6.70	1	1	○
1-15	50	40	4.50	0.50	2.25	12.29	14.16	14.60	14.48	13.39	13.39	6.70	1	1	○
1-16	50	40	4.50	0.50	2.25	12.29	14.16	14.60	14.48	13.39	13.39	6.70	1	1	○
1-17	50	40	4.50	0.50	2.25	12.29	14.16	14.60	14.48	13.39	13.39	6.70	1	1	○
1-18	50	40	4.50	0.50	2.25	12.29	14.16	14.60	14.48	13.39	13.39	6.70	1	1	○
1-19	50	40	4.50	0.50	2.25	12.29	14.16	14.60	14.48	13.39	13.39	6.70	1	1	○
1-20	50	40	4.50	0.50	2.25	12.29	14.16	14.60	14.48	13.39	13.39	6.70	1	1	○
1-21	50	40	4.50	0.50	2.25	12.29	14.16	14.60	14.48	13.39	13.39	6.70	1	1	○
1-22	50	40	4.50	0.50	2.25	12.29	14.16	14.60	14.48	13.39	13.39	6.70	1	1	○
1-23	50	40	4.50	0.50	2.25	12.29	14.16	14.60	14.48	13.39	13.39	6.70	1	1	○
1-24	50	40	4.50	0.50	2.25	12.29	14.16	14.60	14.48	13.39	13.39	6.70	1	1	○
1-25	50	40	4.50	0.50	2.25	12.29	14.16	14.60	14.48	13.39	13.39	6.70	1	1	○
1-26	50	40	4.50	0.50	2.25	12.29	14.16	14.60	14.48	13.39	13.39	6.70	1	1	○
1-27	50	40	4.50	0.50	2.25	12.29	14.16	14.60	14.48	13.39	13.39	6.70	1	1	○
1-28	50	40	4.50	0.50	2.25	12.29	14.16	14.60	14.48	13.39	13.39	6.70	1	1	○
1-29	50	40	4.50	0.50	2.25	12.29	14.16	14.60	14.48	13.39	13.39	6.70	1	1	○
1-30	50	40	4.50	0.50	2.25	12.29	14.16	14.60	14.48	13.39	13.39	6.70	1	1	○
1-31	50	40	4.50	0.50	2.25	12.29	14.16	14.60	14.48	13.39	13.39	6.70	1	1	○
1-32	50	40	4.50	0.50	2.25	12.29	14.16	14.60	14.48	13.39	13.39	6.70	1	1	○
1-33	50	40	4.50	0.50	2.25	12.29	14.16	14.60	14.48	13.39	13.39	6.70	1	1	○
1-34	50	40	4.50	0.50	2.25	12.29	14.16	14.60	14.48	13.39	13.39	6.70	1	1	○
1-35	50	40	4.50	0.50	2.25	12.29	14.16	14.60	14.48	13.39	13.39	6.70	1	1	○
1-36	50	40	4.50	0.50	2.25	12.29	14.16	14.60	14.48	13.39	13.39	6.70	1	1	○
1-37	50	40	4.50	0.50	2.25	12.29	14.16	14.60	14.48	13.39	13.39	6.70	1	1	○
1-38	50	40	4.50	0.50	2.25	12.29	14.16	14.60	14.48	13.39	13.39	6.70	1	1	○
1-39	50	40	4.50	0.50	2.25	12.29	14.16	14.60	14.48	13.39	13.39	6.70	1	1	○
1-40	50	40	4.50	0.50	2.25	12.29	14.16	14.60	14.48	13.39	13.39	6.70	1	1	○
1-41	50	40	4.50	0.50	2.25	12.29	14.16	14.60	14.48	13.39	13.39	6.70	1	1	○
1-42	50	40	4.50	0.50	2.25	12.29	14.16	14.60	14.48	13.39	13.39	6.70	1	1	○
1-43	50	40	4.50	0.50	2.25	12.29	14.16	14.60	14.48	13.39	13.39	6.70	1	1	○
1-44	50	40	4.50	0.50	2.25	12.29	14.16	14.60	14.48	13.39	13.39	6.70	1	1	○
1-45	50	40	4.50	0.50	2.25	12.29	14.16	14.60	14.48	13.39	13.39	6.70	1	1	○
1-46	50	40	4.50	0.50	2.25	12.29	14.16	14.60	14.48	13.39	13.39	6.70	1	1	○
1-47	50	40	4.50	0.50	2.25	12.29	14.16	14.60	14.48	13.39	13.39	6.70	1	1	○
1-48	50	40	4.50	0.50	2.25	12.29	14.16	14.60	14.48	13.39	13.39	6.70	1	1	○
1-49	50	40	4.50	0.50	2.25	12.29	14.16	14.60	14.48	13.39	13.39	6.70	1	1	○
1-50	50	40	4.50	0.50	2.25	12.29	14.16	14.60	14.48	13.39	13.39	6.70	1	1	○
1-51	50	40	4.50	0.50	2.25	12.29	14.16	14.60	14.48	13.39	13.39	6.70	1	1	○
1-52	50	40	4.50	0.50	2.25	12.29	14.16	14.60	14.48	13.39	13.39	6.70	1	1	○
1-53	50	40	4.50	0.50	2.25	12.29	14.16	14.60	14.48	13.39	13.39	6.70	1	1	○
1-54	50	40	4.50	0.50	2.25	12.29	14.16	14.60	14.48	13.39	13.39	6.70	1	1	○
1-55	50	40	4.50	0.50	2.25	12.29	14.16	14.60	14.48	13.39	13.39	6.70	1	1	○
1-56	50	40	4.50	0.50	2.25	12.29	14.16	14.60	14.48	13.39	13.39	6.70	1	1	○
1-57	50	40	4.50	0.50	2.25	12.29	14.16	14.60	14.48	13.39	13.39	6.70	1	1	○
1-58	50	40	4.50	0.50	2.25	12.29	14.16	14.60	14.48	13.39	13.39	6.70	1	1	○
1-59	50	40	4.50	0.50	2.25	12.29	14.16	14.60	14.48	13.39	13.39	6.70	1	1	○
1-60	50	40	4.50	0.50	2.25	12.29	14.16	14.60	14.48	13.39	13.39	6.70	1	1	○
1-61	50	40	4.50	0.50	2.25	12.29	14.16	14.60	14.48	13.39	13.39	6.70	1	1	○
1-62	50	40	4.50	0.50	2.25	12.29	14.16	14.60	14.48	13.39	13.39	6.70	1	1	○
1-63	50	40	4.50	0.50	2.25	12.29	14.16	14.60	14.48	13.39	13.39	6.70	1	1	○
1-64	50	40	4.50	0.50	2.25	12.29	14.16	14.60	14.48	13.39	13.39	6.70	1	1	○
1-65	50	40	4.50	0.50	2.25	12.29	14.16	14.60	14.48	13.39	13.39	6.70	1	1	○
1-66	50	40	4.50	0.50	2.25	12.29	14.16	14.60	14.48	13.39	13.39	6.70	1	1	○
1-67	50	40	4.50	0.50	2.25	12.29	14.16	14.60	14.48	13.39	13.39	6.70	1	1	○
1-68	50	40	4.50	0.50	2.25	12.29	14.16	14.60	14.48	13.39	13.39	6.70	1	1	○
1-69	50	40	4.50	0.50	2.25	12.29	14.16	14.60	14.48	13.39	13.39	6.70	1	1	○
1-70	50	40	4.50	0.50	2.25	12.29	14.16	14.60	14.48	13.39	13.39	6.70	1	1	○
1-71	50	40	4.50	0.50	2.25	12.29	14.16	14.60	14.48	13.39	13.39	6.70	1	1	○
1-72	50	40	4.50	0.50	2.25	12.29	14.16	14.60	14.48	13.39	13.39	6.70	1	1	○
1-73	50	40	4.50	0.50	2.25	12.29	14.16	14.60	14.48	13.39	13.39	6.70	1	1	○
1-74	50	40	4.50	0.50	2.25	12.29	14.16	14.60	14.48	13.39	13.39	6.70	1	1	○
1-75	50	40	4.50	0.50	2.25	12.29	14.16	14.60	14.48	13.39	13.39	6.70	1	1	○
1-76	50	40	4.50	0.50	2.25	12.29	14.16	14.60	14.48	13.39	13.39	6.70	1	1	○
1-77	50	40	4.50	0.50	2.25	12.29	14.16	14.60	14.48	13.39	13.39	6.70	1	1	○
1-78	50	40	4.50	0.50	2.25	12.29	14.16	14.60	14.48	13.39	13.39	6.70	1	1	○
1-79	50	40	4.50	0.50	2.25	12.29	14.16	14.60	14.48	13.39	13.39	6.70	1	1	○
1-80	50	40	4.50	0.50	2.25	12.29	14.16	14.60	14.48	13.39	13.39	6.70	1	1	○
1-81	50	40	4.50	0.50	2.25	12.29	14.16	14.60	14.48	13.39	13.39	6.70	1	1	○
1-82	50	40	4.50	0.50	2.25	12.29	14.16	14.60	14.48	13.39	13.39	6.70	1	1	○
1-83	50	40	4.50	0.50	2.25	12.29	14.16	14.60	14.48	13.39	13.39	6.70	1	1	○
1-84	50	40	4.50	0.50	2.25	12.29	14.16	14.60	14.48	13.39	13.39	6.70	1	1	○
1-85	50	40	4.50	0.50	2.25	12.29	14.16	14.60	14.48	13.39	13.39	6.70	1	1	○
1-86	50	40	4.50	0.50	2.25	12.29	14.16	14.60	14.48	13.39	13.39	6.70	1	1	○
1-87	50	40	4.50	0.50	2.25	12.29	14.16	14.60	14.48	13.39	13.39	6.70	1	1	○