

(87) 途中定着鉄筋をもつRC部材のせん断強度に関する実験的研究

東京理科大学 理工学部 田村浩一
森地重暉

1 はじめに

1978年宮城県沖地震および1981年南河沖地震において、小片形断面、円形断面等のRC橋脚の軸方向鉄筋の途中定着部付近から生じたひびわれから、斜め方向のせん断ひびわれが発達し、橋脚が被害を受けた事例がある。この原因を確かめ対策をたてるための研究が各方面で行われてきたが、我々は効果的な途中定着方法を得ることを目的として、鉄筋の定着種別、せん断スパン比、軸方向鉄筋比等を変えたRC供試体を作成し、これに正交交番荷重を載荷してせん断強度等を測定し、結果の一部を既に発表した^(1,2)。本報告はこれらに更に軸圧縮力等の新しいデータも含めて、全体的な検討をこころみたものである。

2. 実験

供試体は断面寸法 $20 \times 15 \text{ cm}$ 、長さ 1.1 m 、主鉄筋 $6-D10$ 、スターアップD6閉合形、間隔 15 cm を基準形とし、鉄筋のカットオフは最大主鉄筋量の $1/2$ 、 $1/3$ およびカットオフなしの全長鉄筋 (F) の3種類とした。

図-1の定着種別は折曲鉄筋 (B)、大半径直角曲がり (R)、隣接全長鉄筋へのフレア溶接 (W)、ACI Code

318-77による定着部付近のせん断補強 (A)、脚長 12.5 cm の直角フック (H)、および標準長の直角フック (L) とした。鉄筋の折り曲がり等の位置はシフトした曲がりモーメントに対して余裕を生ずる位置とした。

また、基準形と断面寸法およびスターアップを等しく、長さ 1.2 m 、軸方向鉄筋 $6-D13$ の長供試体 (図-2) を作成した。

また、基準形と断面寸法およびスターアップを等しく、長さ 1.2 m 、軸方向鉄筋 $6-D13$ の長供試体 (図-2) を作成した。

コンクリートは $f_{ck} = 30.0 \text{ N/mm}^2$ を目標とし、材料の性質、配合の標準等は大体

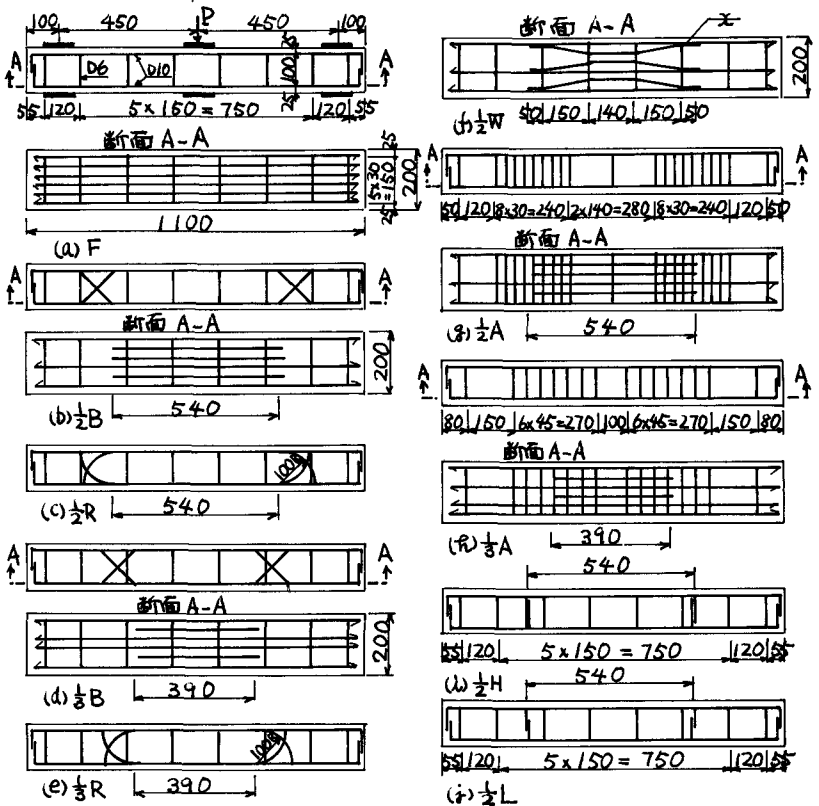


図-1 基準形供試体

表-1 材料と配合

セメント および 骨材		鉄筋	
セメント	秩父ポルトランドセメント	D13	SD30 降伏比: 38.8, 41.9%
粗骨材	砕石, F.M. 6.59 比重 2.65	D10	SD30 " : 38.2
細骨材	川砂, F.M. 2.80 比重 2.64	D6	SD30, : 37.2, 39.1

示方配合

粗骨材	スラン	水セメント比	細骨材	気量	単位量 (kg/m³) (g/m³)			
最大寸法の使用	比	率			水	セメント	粗骨材	スラン
15mm	4.1mm	55%	5.2%	4.5%	161.9	294.4	958.1	873.7

表-1のとおりである。試験時の材令が一定でないためコンクリート強度にはばらつきを生ずるので、1バッチのコンクリートから基準とする全長鉄筋(F)を含む供試体3個を原則として同時に製

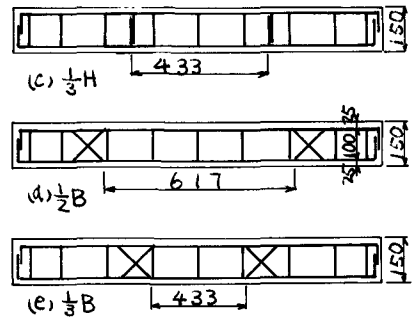
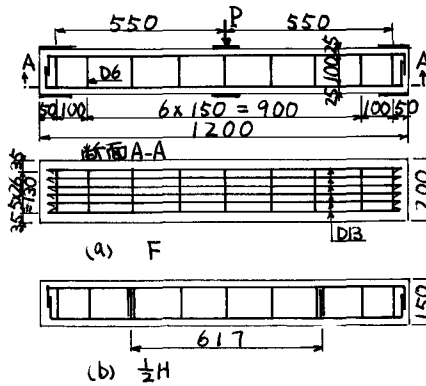


図-2 長供試体

作し、あわせてコンクリート標準供試体を作成して試験時の圧縮強度、引張強度等を測定した。

基準形供試体は0.9m、長供試体は1.1mのスペンで単純支持、島津サーボバルサUHF30によりスペン中央に載荷した。荷重は漸増変幅載荷とし、0から0.25オオき2増加して1オに達したのち同じ段階で0に戻し、ついで反対方向に同様に載荷し、更に±1.5オ、±2オ、±3オ等荷重を増して破壊まで続けた。長供試体で用いたじん性用載荷は途中定着が却つてじん性に及ぶ影響を比較するため、11バツを発生する部材角0.002に相当する載荷点変位を基準変位δとして、±1δ、±2δ、……±5δまでそれぞれ10回ずつ強制変位を繰返し、更に耐力がある場合は漸増載荷により破壊荷重を求めた。測定は荷重、たわみ、11バツ、じん性用載荷時の軸方向変形ひずみ等である。

3. 実験結果の概要

表-2 基準形供試体の破壊荷重

F形	種別	F-1	F-2	F-3	F-4	F-5	F-6	F-7	F-8	F-9
荷重 (t)		8.0	8.5	9.0	8.0	9.25	9.75	9.25	9.0	10.0
δ (kg/cm²)		241	224	219	212	340	330	310	299	332
土定着	種別	1/2B-1	1/2B-2	1/2R-1	1/2R-2	1/2W-1	1/2W-2	注: (): F形に25%の強度比 δ: 試験時標準供試体強度 ↑: 曲げモーメントによる破壊 ※: じん性用載荷		
荷重 (t)		10.0 (116)	9.5 (101)	8.5 (103)	7.5 (103)	6.0 (102)	1.5 (101)			
δ (kg/cm²)		238	299	206	219	212	321			
1/3定着	種別	1/2B-1	1/2B-2	1/2R-1	1/2R-2	1/2W-1	1/2W-2			
荷重 (t)		10.0 (102)	10.0 (105)	9.75 (102)	10.0 (109)	7.75 (102)	7.8 (107)			
δ (kg/cm²)		330	302	206	310	299	332			

表-3 基準形供試体の破壊荷重 (t)

形式ゲル-1°		A-1	A-2	A-3	H-1	H-2	H-3	L-1	L-2	L-3
定着	F	8.7 (1)	10.0 (1)	10.5 (1)	9.0 (1)	10.8 (1)	10.0 (1)	8.25 (1)	7.75 (1)	9.6 (1)
	Y ₂	7.5 ⁺ (0.86)	8.75 ⁺ (0.88)	8.75 ⁺ (0.83)	8.75 (0.97)	10.75 (1.0)	10.0 ⁺ (1.0)	7.5 (0.91)	7.1 (0.73)	8.0 (0.83)
	Y ₃	7.5 (0.86)	7.5 ⁺ (0.95)	8.0 (0.76)	7.0 ⁺ (1.0)	9.8 (0.91)	7.7 (0.97)	7.5 (0.91)	8.0 (0.82)	8.0 (0.83)
	f ₁ (kg/cm ²)	239	314	315	217	301	359	227	314	333

表-4 長供試体の破壊荷重 (t)

ゲル-7°	No.1	No.2	No.3	No.4	No.5	No.6	No.7	No.8	No.9	No.10	
形式、軸力	H, 0*	H, 4.5*	B, 0*	B, 4.5*	B, 4*	B*, 0*	B*, 0*	B*, 4.5*	B*, 4*	B*, 4*	
定着	F	11.5 (1)	10.5 (1)	11.0 (1)	11.0 (1)	12.0 (1)	10.0 (1)	12.1 (1)	11.7	10.9 (1)	13.0 (1)
	Y ₂	10.5 (0.91)	11.8 (1.12)	13.5 (1.23)	13.5 (1.23)	13.0 (1.05)	—	13.5 (1.26)	13.8 (1.11)	13.9 (1.45)	15.0 (1.15)
	Y ₃	7.5 (0.85)	10.3 (0.98)	11.7 (1.06)	11.9 (1.08)	13.0 (1.08)	9.1 (0.91)	10.8 (1.01)	13.6 (1.09)	15.2 (1.31)	—
δ (kg/cm²)	211	243	273	212	248	258	235	244 (0.88)	305	295	

基準形はりの漸増変幅載荷による破壊荷重、コンクリート強度等の実験値を表-2、3、4および図-3、4に示す。表、図中の矢印は曲げ破壊を生じたもので、せん断強度は更に高いと推定される供試体である。試験時の供試体は、曲げ11バツれが先行し、これが斜方向に発達して鉄筋の途中定着部付近、載荷点または支承点諸を通る斜め11バツれが拡大して破壊に至るせん断破壊が一般的であり、はり端の軸方向鉄筋の直角フック付近の

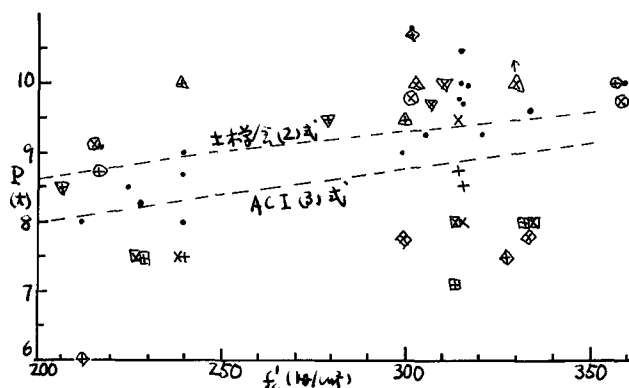


図-3 基準形供試体の破壊荷重とコンクリート強度

F	•
1/2A	+
1/2A	x
1/2H	⊕
1/2H	⊗
1/2L	⊠
1/2L	⊡
1/2B	△
1/2B	▽
1/2R	▽
1/2R	◇
1/2W	◇
1/2W	◇

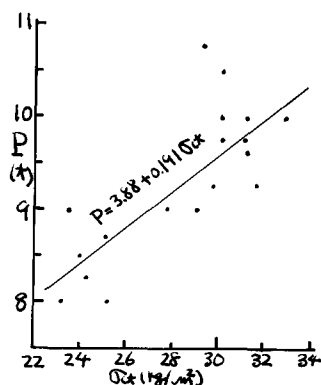


図-5 基準形供試体(F)の破壊荷重とコンクリート引張強度

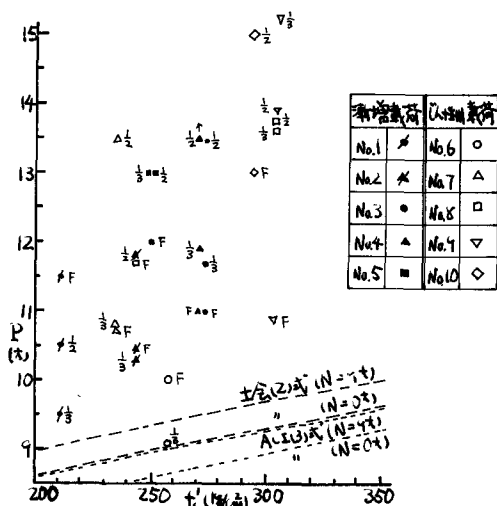


図-4 長供試体の破壊荷重とコンクリート強度

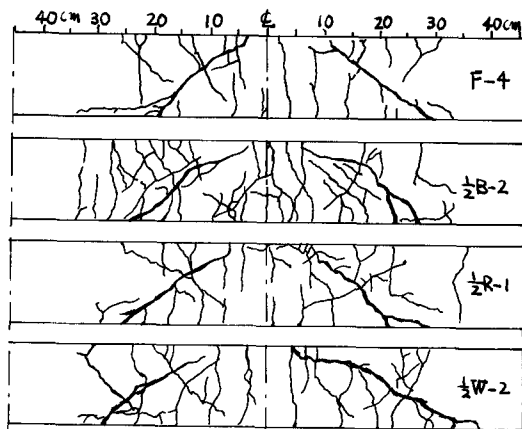


図-6 基準形供試体のひびわれ

定義破壊は支承間を10 cmの長供試体でも見られなく、ひびわれの一例を図-6に示した。

表-2の実験では、F形と1/2または1/3定義形供試体が全部同じロットのコンクリートから得られなかったため、同様なスラウツを用いたばかりのせん断強度は元のコンクリートの引張強度で示されると仮定し、F形供試体のせん断強度と引張強度の関係を図-5に示した。ここで、コンクリートの引張強度は各供試体の圧縮強度から(1)式によって求めた。ここに、 f_{ctm} :引張強度、 f'_c :コンクリートの圧縮強度

$$f_{ctm} = 0.30 (f'_c)^{2/3} \quad [MPa] \quad \dots \dots \dots (1)$$

表-2に括弧書きした各種供試体のF形に対する強度比は、図-5のコンクリートの引張強度とF形供試体のせん断強度の回歸式を用いて、同一ロットのF形の強度を推定した値に基いたものである。

表-2, 3, 4における各定義種類のF形に対するせん断強度比をみると、W形は溶接部の破壊は認められなかったが、L形と同様に約0.8、0.4であり、A形は曲げ破壊形式が多かったが1よりやや小さい。H形は大部分がほぼ1以下であって、F形と同程度又は以上の形式はB形およびR形であるが、何れもばらつきがかなり大きい。

軸方向圧縮力はアウトカール方式の現存の方式を用いた90までしか中心載荷荷重が得られなかったため、その影響が明らかでなく、ばらつきの範囲内に止まる結果となった。じん性用荷重では、繰返しにより漸増荷重時より多くの曲げひびわれが発生して上下縁両側へ蔓延した後、更に大きな変位の繰返しにより、漸増荷重時より

多くの斜めひびわれが発生し、ひびわれに沿う表面コンクリートの剥離と幅の拡大が顕著であった。

図-7はNo. 9 供試体の全長にわたる軸方向鉄筋のひずみ分布を示したもので、F形に比し $1/3$ Bの鉄筋ひずみが増える傾向により増大する傾向がある。一方、折曲鉄筋のはり中心両側18.4 cmのひずみは約50 μ m以下で、全長鉄筋との差が大きい。

4 実験結果の考察

実験により得られたF形供試体のせん断強度 V を、部材係数を除いたつぎの設計式と比較した。

1) 土木学会 コンクリートの限界状態設計法指針

$$V_d = 0.94(t_c)^{1/3} \left\{ 1 + \frac{100}{\rho} - 1 + \sqrt{100 \rho} - 1 + \frac{M_0}{M_d} \right\} b_w d / s + A_w f_y Z / s \quad (2)$$

2) A(CI Code (318-77))

$$V_d = (0.5 \sqrt{f_c} + 176 \rho_w V_d / M_u) b_w d + A_s f_y d / s \quad (3)$$

ここに、

f_c : コンクリートの圧縮強度, d : 有効高さ, ρ_w : 引張鉄筋比, $\sqrt{100 \rho_w} - 1 \leq 0.73$, M_0 : 断面内に引張応力を生ずる限界の曲げモーメント, M_d : 曲げモーメントの設計用値, t_c : コンクリートの材料係数, A_w : 1組のスターアップの断面積, f_y : 鉄筋の降伏強度, Z : 圧縮合力から引張鉄筋個にまでの距離, s : スターアップの間隔

V_d : 断面の設計せん断力, M_u : 断面の設計曲げモーメント, 軸方向圧縮力を受ける部材は M_u の代りに M_m による。 $M_m = M_u - N_u (e - d) / 8$, e : 部材の高さ

以上の設計式によるF形供試体のせん断強度計算値を求め、図-3, 4に比較のため記した。これらより、F形供試体の実験強度は、部材係数を考慮しない場合においても、ほぼこれらの計算式の強度以上であって、F形供試体より更にせん断強度の大きいB形およびR形の途中定着方式は、この実験の範囲内条件の場合には安全側として使用できるものと推定される。

5 おわりに

RC橋脚の軸方向鉄筋の途中定着方式の改善を目的として、種々の定着方式について実験を行ない、鉄筋比、せん断スパン比、軸力、等の変動に関する検討が残されているが、せん断強度を減少せずに途中定着する実用的方式として、折曲鉄筋等の方式が有効であることを明らかにした。実験値にはなお不適切、不足等があるので更に進めたいと考えている。最後に本研究を直接担当された構造研究室卒業生に深く感謝の意を表す。

参考文献

- 1) 田村 森地: 交番応力を受けるRCはりの鉄筋の途中定着種別とせん断強度に関する実験的研究, 第37回土木学会年次学術講演概要集
- 2) 田村 森地: 鉄筋の途中定着種別が交番荷重に対するRCはりのせん断強度におよぼす実験的研究, 第38回土木学会年次学術講演概要集
- 3) CEB-FIP Model Code for Concrete Structures 1978

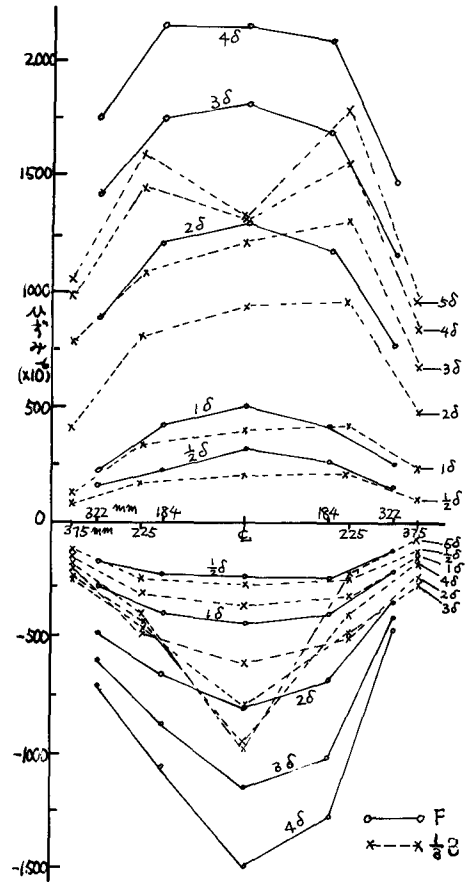


図-7 鉄筋のひずみ (No. 9)