

RCラーメン隅角部の耐力に関する実験的研究

○東北大学 学 大沼 秀次
東北大学 学 渡辺 正剛
東北大学 学 蟹江 秀樹

1. まえがき

RCラーメン構造物における柱・梁接合部やボックスカルバート等の隅角部付近の設計では一般に部材接合断面やその近傍において曲げやせん断に対する強度の検証を行っており、隅角部そのものの強度の検証はほとんど行われていない。しかし、隅角部は開載荷を受けると隣接部材が破壊する前に脆性的な破壊をする場合もあることが種々の実験的研究から判明している。本研究はラーメン構造物やボックスカルバート等の隅角部付近を対象とし、種々の変動要因に対しその開載荷時における変形状や耐力等を実験的に調べ、RC部材接合部の合理的配筋方法の確立の一助となることを目的としたものである。

2 実験概要

供試体の断面・寸法及び供試体諸元をそれぞれ図-1、表-1に示す。実験は15本の供試体について行なった。NO.1供試体を基本形とし、変動要因はせん断スパン比 a/d (NO.1,2,3), 軸方向引張主鉄筋比 P_t (NO.1,4,5,6,7), 隅角部内腹鉄筋比 P_{tw} (NO.1,8,9,10), 主鉄筋定着方法 (NO.1,11,12,13,15) とした。またNO.14供試体の隅角部付近にはスチールファイバーコンクリートを用いた。圧縮鉄筋比は0.69% (3D22) で全供試体で一定とした。コンクリートの目標圧縮強度は240 kg/cm², 鉄筋はSD35を使用した。隅角部付近の配筋は図-2に示す。載荷方法は、隅角部内側にジャッキを据付け、図-1の矢印方向に載荷した。測定項目及び方法は、各荷重段階における鉄筋歪をストレーンゲージを用いて、また載荷点間の変位量 δ を変位計を用いて測定した。(図-1参照)

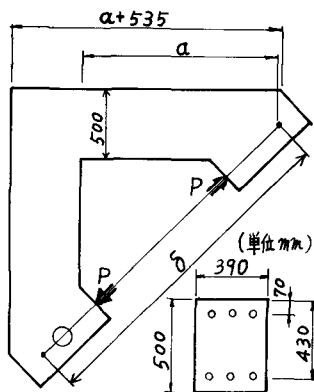


図-1 供試体寸法
及び載荷方法

表-1 供試体諸元

NO.	a(cm)	a/d	P _t (%)	P _{tw} (%)	NO.	a(cm)	a/d	P _t (%)	P _{tw} (%)
1	138	3.21	0.69	0	9	138	3.21	0.69	0.52
2	172	4.0	"	"	10	"	"	"	0.29
3	215	5.0	"	"	11	"	"	"	0
4	138	3.21	0.23	"	12	"	"	"	"
5	"	"	0.36	"	13	"	"	"	"
6	"	"	0.51	"	14	"	"	"	"
7	"	"	0.91	"	15	"	"	"	"
8	"	"	0.69	0.26					

表-2 結果一覧表

No.	P _c (t)	P _y (t)	P _u (t)	P _u /P _y	f _{ct} (kg/cm ²)	f _{ct} /f _{ct}	破壊形態
1	9.18	8.68	11.14	—	274	25.6	A
2	6.50	6.50	6.50	0.58	236	22.7	A
3	6.20	6.20	6.92	0.62	215	22.0	A
4	NC	4.28	4.97	0.45	297	25.8	B
5	"	6.58	6.82	0.61	251	24.2	B
6	"	7.99	8.21	0.74	242	22.9	B
7	"	9.64	9.64	0.87	244	24.2	B
8	7.61	11.80	12.19	1.09	184	19.3	A
9	9.78	13.20	14.69	1.32	210	20.2	A
10	9.97	12.60	13.59	1.22	194	21.4	A
11	10.33	10.96	11.98	1.08	187	19.1	D
12	(4.88)	14.91	14.98	1.34	249	24.4	C
13	(3.25)	13.25	13.69	1.23	249	23.6	C
14	13.89	14.52	14.63	1.31	231	31.5	A
15	12.77	12.65	12.77	1.15	260	23.1	C

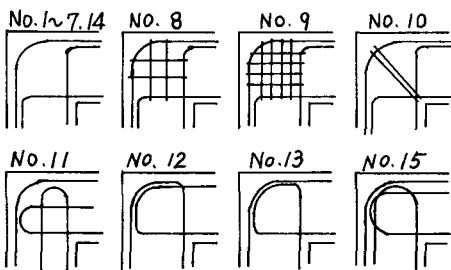
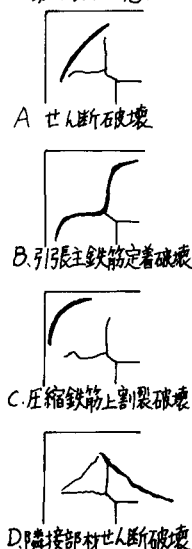


図-2 隅角部付近配筋図

破壊形態



P_c: せん断ひび割れ発生荷重 NC: ひび割れ発生せず
P_y: 部材降伏荷重 ()内は圧縮主鉄筋上
P_u: 最大耐力 割れひび割れ発生荷重
f_{ct}: コンクリート圧縮強度, f_{ct}: コンクリート引張強度

3. 結果及び考察

実験結果の一覧を表-2に示す。破壊形態は表中に示した様に4種に分類できる。以下 各変動要因毎に比較する。

(1) せん断スパン比(a/d)による比較(NO.1,2,3): いずれの供試体も隅角部中央のせん断ひび割れの発生直後に部材降伏が生じた。せん断ひび割れ発生時の部材接合面における曲げモーメントはほぼ等しかった。

(2) 引張主鉄筋比(P_t)による比較(NO.1,4,5,6,7): NO1供試体を除くすべての供試体は、隅角部にせん断ひび割れが発生することなく引張主鉄筋定着部に沿ってひび割れが進行して定着破壊を起こした。この破壊では引張主鉄筋比が大きい程耐力が大きくなる傾向が見られ、ほぼ $\sqrt{P_t}$ に比例する結果を得た。(図-3) また、破壊後の耐力低下が著しく、極めて脆性的な挙動を示した。よって隅角部の設計に際しては定着破壊が起こらぬよう定着部の補強が必要であろう。

(3) 隅角部内腹鉄筋比(P_w)による比較(NO.1,8,9,10): 隅角部内に腹鉄筋をもつ供試体は、せん断ひび割れ発生後も荷重の増加が見られ、腹鉄筋降伏の時に部材降伏が生じた。最大耐力はせん断ひび割れ発生荷重の1.3~1.6倍であった。また部材降伏後の耐力低下も緩やかで、塑性変形能力が高かった。腹鉄筋比が高い程、最大耐力が増加する傾向が見られた。(図-4) 一方、腹鉄筋の配置の違いにより荷重変形特性に違いが見られ、腹鉄筋を格子状に配置した供試体(NO.8,9)では、最大耐力以後も耐力の低下が極めて緩やかであったのに対し、斜めに配置した供試体(NO.10)では耐力は増加するが腹鉄筋降伏後の変形能力はほぼ等しい腹鉄筋比を有するNO.8供試体のそれと比べ約1/3であった。

(4) 主鉄筋定着方法による比較(NO.11,12,13,15): 隅角部を囲むように引張主鉄筋を定着すると、隅角部圧縮鉄筋に沿うひび割れの発生及び引張主鉄筋の降伏がほぼ同時に起こり、部材の降伏をもたらした。塑性変形が進んだ後隅角部内にせん断ひび割れが発生して耐力の低下が起こった。このように、これらの配筋では隅角部内せん断ひび割れの発生を抑え、耐力の増加をもたらす働きがあり、また定着破壊(破壊形態B)も防ぐことができる。NO.12供試体の配筋が耐力とじん性の面で特に優れており、NO.1供試体の約1.3倍の耐力があった。NO.11供試体は隅角部せん断ひび割れの発生を抑える働きが弱く、その上隣接部材のせん断ひび割れを誘発したため、他の配筋程の効果は見られなかった。

(5) スチールファイバーコンクリート(S.F.C.)(NO.14): この供試体は高い耐力とじん性を示した。(NO.1供試体の耐力の約1.3倍) これはスチールファイバーがせん断ひび割れ発生後も引張力を受け持ったためである。終局時には隣接部材の接合断面付近にコンクリートの圧壊が認められた。また、S.F.C.と普通コンクリートで打継目に比較的大きな曲げひび割れの発生が認められた。

(6) NO.1供試体の様な配筋をもつ隅角部のせん断ひび割れ発生強度は Nilsson の式を参考として以下の様に定めた。実験値との比較を表-3に示す。

$$P = \frac{2}{3} \frac{0.93d}{a'-d + \frac{h}{2}} \cdot f_{ct} \cdot b \cdot l_{dc}$$

ここで、 P : 載荷荷重(kg) d : 有効高さ(cm)
 b : 部材の幅(cm) a' : $a + 7\text{cm}$ (a : せん断スパン長(cm))
 h : 部材の高さ(cm) f_{ct} : コンクリートの引張強度(kg/cm^2)
 l_{dc} : せん断ひび割れ長さ(cm)

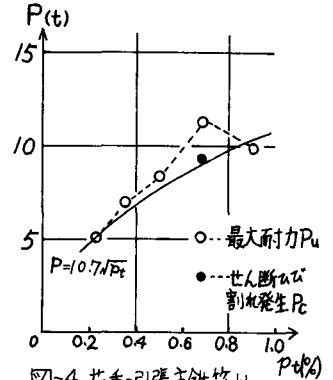


図-4 荷重-引張主鉄筋比

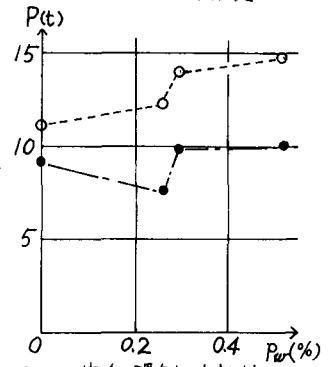


図-5 荷重-隅角部内鉄筋比

表-3 せん断ひび割れ発生荷重 P_c

No.	実験値 (cm)	計算値(cm) (実験値/計算値)	実験値 (cm)	計算値 (cm)
1	9.18	9.22(0.996)	9.22(0.996)	44
2	6.50	6.45(1.008)	5.73(1.134)	40
3	6.20	4.93(1.258)	5.49(1.129)	49
8	7.61	6.95(1.095)	7.74(0.983)	49
9	9.78	7.28(1.343)	8.93(1.095)	54
10	9.97	7.71(1.293)	7.53(1.324)	43
14	13.89	11.34(1.225)	11.34(1.225)	44