

建設省土木研究所 ○正 河田 博之

正 小林 茂敏

正 森 次 和正

高橋 正志

1. まえがき

地震のような大きな荷重下では、鉄筋コンクリートラーメン構造物の柱・梁接合部に大きなせん断力が生じ、斜引張力によるひびわれが発生することがある。一方、ラーメン構造物の耐震性能を確保するためには柱・梁接合部がせん断破壊することなく、耐力、靱性を十分に発揮することが必要である。本研究は、鉄筋コンクリート柱・梁接合部の弾塑性域における性状ならびにせん断補強鉄筋の補強効果を調査する目的で実施したものである。

2. 試験方法の概要

供試体は図-1の諸元を有し、接合部のせん断補強鉄筋量を変化させて計5体である。各供試体は接合部せん断破壊型として、接合部以外の部分には梁、柱とも十分なせん断補強鉄筋を配した。載荷は、接合部の斜めひびわれ発生時の変位も尺度とした変位制御方式であり、同一変位レベルを2回繰返す変荷載荷である。なお、柱には一定軸力($N=20t$)を作用させた。試験時のコンクリート圧縮強度は $29.9 \sim 31.9 \text{ kg/cm}^2$ (平均 30.8 kg/cm^2)、引張強度は $22.8 \sim 26.9 \text{ kg/cm}^2$ (25.1 kg/cm^2)であった。使用鉄筋はSD35であり、梁、柱の軸方向主鉄筋にそれぞれD22, 19を、接合部のせん断補強鉄筋にD6, D10を用いた。測定は、変位、鉄筋歪、荷重、ひびわれ状況の他に接合部のせん断変形についても行った。

3. 試験結果および考察

(1) 接合部の斜めひびわれ発生荷重、最大耐力について

表-1に試験結果の一覧を、図-2に代表的供試体の柱・梁接合部のひびわれ状況を示す。接合部の斜めひびわれ発生荷重はせん断補強鉄筋量にほとんど関係がないようであり、また、その荷重は $\sigma_t = 1.8\sqrt{\sigma_c}$ (σ_c : コンクリートの圧縮強度)とする近似式でほぼ推定できる(図-3の $p_{tc, cal.}$)。なお、斜めひびわれ発生荷重は荷重の方向によって異なり、逆方向の荷重で平均19%ほど低下している。

最大荷重は、接合部のせん断

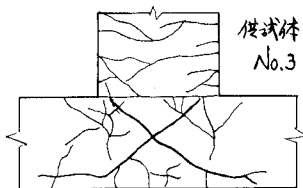


図-2 接合部のひびわれ状況(35°C)

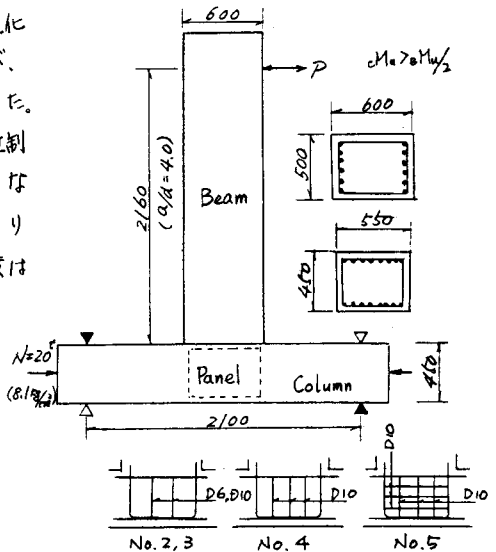


図-1. 供試体の諸元 (単位 mm)

表-1. 試験結果

供試体 No.	荷重の正負	接合部のせん断補強鉄筋比 ρ_w (%)	接合部斜めひびわれ発生荷重 P_c (t)	斜めひびわれ平均せん断力 p_{tc} (kg/cm^2)	最大荷重 P_u (t)	最大平均せん断力 p_{tu} (kg/cm^2)
1	+	0	18.9	28.4	22.5	47.8
	-		17.0	24.5	20.8	44.2
2	+	0.04	19.4	39.4	23.9	50.8
	-		17.1	34.7	22.2	47.2
3	+	0.16	21.4	43.4	24.6	52.3
	-		16.8	34.1	21.8	45.9
4	+	0.22	20.5	41.6	25.7	54.6
	-		16.3	33.1	23.0	48.9
5	+	0.22 (0.26)	20.8	42.2	25.4	54.0
	-		16.6	33.7	22.4	47.6

$$Q_p = M/z_0 - Q_c, \quad Q_c = M/H$$

$$p_{tc}, p_{tu} = Q_p / b \cdot z_0$$

破壊によって決定づけられたものであり、各試体のせん断補強鉄筋量と最大耐力とはほぼ比例関係にある。すなわち、柱・梁接合部のせん断補強鉄筋の補強効果は、 $P_u \cdot G_y$ (G_y :せん断補強鉄筋の降伏強度) で示されるものと思われる(図-3の $pT_{u,exp}$)。しかしながら、せん断補強鉄筋が配置されていない試体No.1においても斜めひびわれ発生後より約25%増の最大耐力を示している。斜めひびわれ発生後の接合部の耐力機構は、Parkらのトラスとコンクリート圧縮ストラットの共存機構メカニズム、あるいはJirsaらのせん断摩擦メカニズムとして説明されているが、さらに検討が必要と思われる。

(2) 荷重-変形特性について

図-4に荷重と梁載荷高の変位との関係を示す。試体No.1は $2\delta_c$ (δ_c :斜めひびわれ発生時の変位)、試体No.2~5は $3\delta_c$ から逆S字形的ヒステリシスループに移行し、エネルギー吸収能の小さいせん断破壊特有の荷重-変位関係となっている。接合部のせん断補強鉄筋量の増加に伴って変形性能の改善が認められ、接合部の横補強鉄筋量と同じにして縦補強鉄筋量を変えた試体No.4,5では、最大耐力はほとんど同じであるが、変形性能は試体5の方が大きい結果となっている。従って、接合部の変形性能を確保するためには、横方向のみならず縦方向のせん断補強も必要と思われる。

(3) 接合部のせん断変形特性について

柱と梁全体変形角 θ (層間変形角) と接合部のせん断変形角 γ の関係を図-5に示す。この図は各試体で得られた結果の範囲を示しているものであり、最大耐力以降は層間変形に対する接合部せん断変形による梁変形の比率が増加する結果となった。さらに図中の表に両者の変形量の比率を $3\delta_c$, $6\delta_c$ 相当の層間変位で計算したものを示し、せん断補強鉄筋量が大きいほど両者の比率は小さくなる傾向にある。

4. あとがき

今後は、接合部の斜めひびわれ発生後のせん断破壊メカニズムを明らかにしていく必要がある。

参考文献

- 1) R. Park et al.: Reinforced Concrete Beam-Column Joints under Seismic Actions, ACI Journal, Vol.75, No.11, Dec.1978
- 2) J.O. Jirsa et al.: The Shear Strength of Reinforced Concrete Beam-Column Joints, CESRL Report, No.77-1, 1977-1

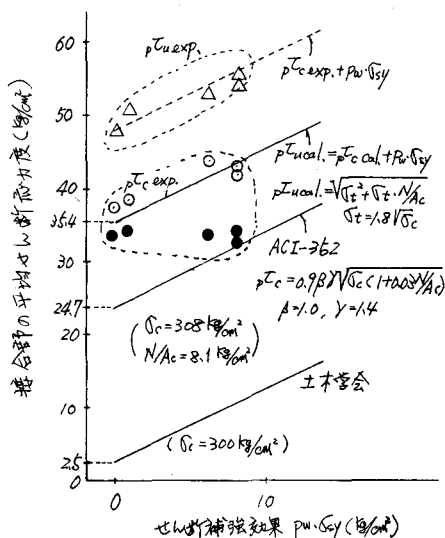


図-3. 接合部のせん断強度とせん断補強効果との関係

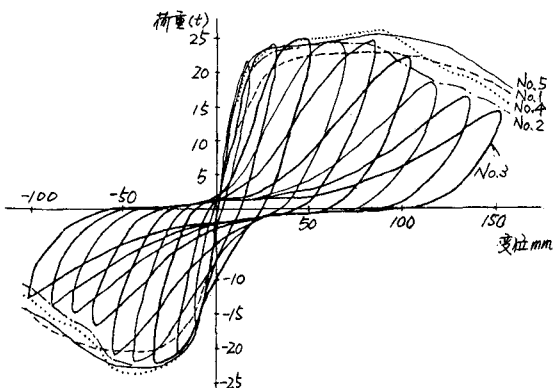


図-4. 荷重と変位との関係

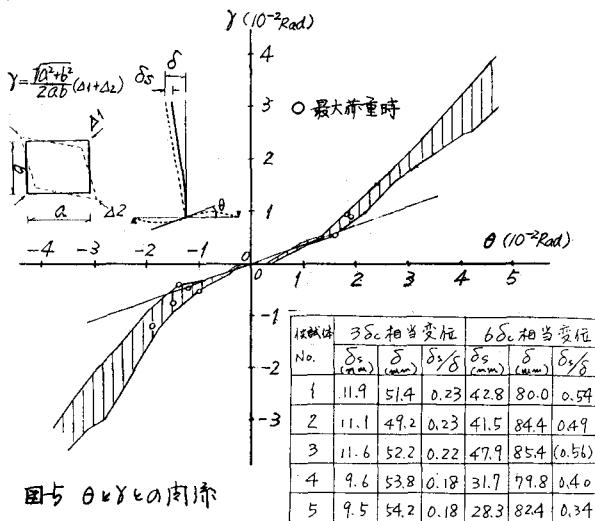


図-5. θ と γ の関係