

九州工業大学 正員 渡辺 明

九州工業大学。学生員 古賀 順二

1. まえがき

鉄筋コンクリート構造物の高層化が進むにつれて、耐震安全性が問題となっている。鉄筋コンクリート柱の地震時における脆性的破壊の防止対策として帯筋やスパイラルフープ筋を用いて、横方向を拘束することがあげられる。スパイラルフープ筋は帯筋に比べ、定着が不要であり、施工が比較的容易等の利点があるので、最近、用いられるようになってきた。そこで、筆者らは、降伏点応力度 σ_y が 30 kg/mm^2 と 130 kg/mm^2 の2種類のスパイラルフープ筋を用いて、模型鉄筋コンクリート短柱を製作し、静的破壊試験を行なうことにより、コンクリート柱の耐力および鉄筋、スパイラルフープ筋の挙動などを調べた。また、コンクリートに高強度コンクリートを用いた場合についても、実験を行なった。

2. 模型鉄筋コンクリート短柱の耐力

2.1 試験方法 供試体の形状寸法を図-1に示す。コンクリートには普通ポルトランドセメント、碎石(最大粒径 15 mm 、粗粒率 6.14)、川砂(最大粒径 5 mm 、粗粒率 2.33)を使用し、 $w/c = 55\%$ 、 $s/a = 47\%$ とした。鉄筋にはSD24の公称直径 9.53 mm のものを4本用いた。スパイラルフープ筋は降伏点応力度が 30 kg/mm^2 、 130 kg/mm^2 のもので、それぞれピッチ 2 cm 、 4 cm 、 6 cm のものをを用いた。コンクリート、鉄筋、スパイラルフープ筋の応力はストレインゲージを用い、また、柱の変位はダイヤルゲージを用いてそれぞれ測定した。

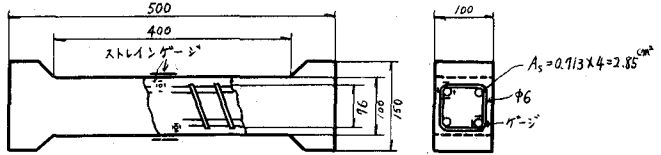


図-1 試験体の形状、寸法およびゲージ貼布位置

2.2 結果および考察 試験結果を表-1に示す。表中の各量は、スパイラルフープ筋を用いた場合の破壊荷重 P_u を求める理論式で、

表-1 実験結果

$P_u = 0.85 \sigma_c A_k + \sigma_y' A_s + \lambda \sigma_y A_a$

で表わされ、 σ_c はコンクリートの破壊強度(kg/cm^2)、 A_k はスパイラルフープ筋より内部の有効断面積、 σ_y' は鉄筋の降伏点応力度(kg/cm^2)、 A_s は鉄筋の断面積、 σ_y はスパイラルフープ筋の降伏点応力度(kg/cm^2)、 A_a はらせん鉄筋換算断面積である。図-2に実測された荷重変位曲線を示す。降伏点荷重までは、各種とも同じ傾向を示すが、その後、ピッチの小さいものは荷重の低下が少なく、降伏点荷重は $\sigma_y = 130 \text{ kg/mm}^2$ のIグループではピッチ 2 cm のものが少し大きく、他は、ほとんど変化がない。 $\sigma_y = 30 \text{ kg/mm}^2$ のIIグループではいずれのピッチのものも、ほぼ同じ値を示した。破壊状況はピッチ 4 cm 、 6 cm のものは、ひび割れが入ると同時に、コンクリートのせん断により破壊した。ピッチ 2 cm のものはがぶり部分のコンクリートがはく離した後、座屈によって破壊した。図-3に鉄筋の荷重分担率($E_s A_s E_s / P_u$)と荷重比(P / P_u)の関係を示す。鉄筋の荷重分担率は0.3程度であり、弾性域内では

	σ_c (kg/cm^2)	σ_y' (kg/cm^2)	ピッチ (cm)	P_u ① (t)	$0.85 \sigma_c A_k$ ② (t)	$\sigma_y' A_s$ ③ (t)	$\lambda \sigma_y A_a$ ④-⑥ (t)	λ	備考
I-A-1	21.4	130	2	36.7	11.6	6.8	18.3	0.3	座屈破壊
I-A-2	21.4	130	2	35.5	11.6	6.8	17.1	0.3	
I-B-1	21.4	130	4	32.0	18.1	6.8	7.1	0.3	コンクリートのせん断
I-B-2	21.4	130	4	31.6	18.1	6.8	6.7	0.2	破壊
I-C-1	21.4	130	6	30.0	18.1	6.8	5.1	0.3	破壊
I-C-2	21.4	130	6	30.8	18.1	6.8	5.9	0.3	
II-A-1	25.4	30	2	36.8	13.8	6.8	16.2	1.3	座屈破壊
II-A-2	25.4	30	2	34.5	13.8	6.8	13.9	1.1	
II-B-1	25.4	30	4	35.6	21.6	6.8	7.2	1.1	コンクリートのせん断
II-B-2	25.4	30	4	33.4	21.6	6.8	5.0	0.8	
II-C-1	25.4	30	6	36.0	21.6	6.8	7.6	1.8	破壊
II-C-2	25.4	30	6	33.3	21.6	6.8	5.4	1.3	

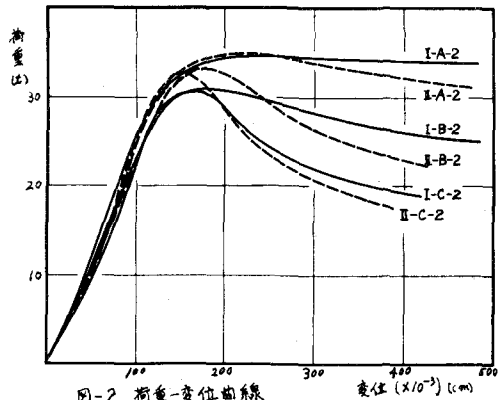


図-2 荷重-変位曲線

変位 ($\times 10^{-3}$) (cm)

は、スパイラルフープ筋は働いていない。また、スパイラルフープ筋のひずみは、破壊時でも200~500μ程度で、いずれも降伏点に達していなかった。

3. 高強度コンクリートにスパイラルフープを用いた場合の耐力

3.1 目的 2.においてピッチが2cmの時座屈破壊をおこしたので、フープの破断による破壊をさせるため高強度コンクリートを用いて実験を行なった。

3.2 試験方法 供試体は10×20cmの円柱供試体にスパイラルフープ筋を入れたものである。材料および実験方法は2.と同様である。高強度コンクリートの配合はW/c=28%, S/a=40%である。

3.3 結果および考察 試験結果を表-2に示す。表の各量は2.2と同じ記号を用いている。ここでピッチ2cmのものは破壊時には円形となるので正方形と同じ円をもつ円に換算した断面積を A_k とした。図-4に荷重-変位曲線を示す。降伏点荷重近くまで荷重と変位は、ほぼ比例関係である。降伏点荷重はピッチ2cmの方が4cmのものよりⅣとⅤのいずれのグループの場合も少し大きくなっている。

Ⅳ-Aでは変位曲線は、降伏点荷重後、ほとんど横ばい状態となり、破壊付近で約100°まで急上昇する。Ⅴ-Aは降伏点荷重の50%程度の荷重を保持したまま変位が増し、その後、荷重が50%程度まで増し破壊する。Ⅳ、Ⅴいずれの場合もスパイラルフープ筋の破断により破壊した。ピッチ4cmのものは降伏点荷重に達すると同時に、コンクリートのセン断により破壊した。これからこの程度の断面では2cmのピッチでないとフープ筋の効果が十分に発揮されないものと考えられる。図-5にひび割れが入るまでのコンクリートの縦ひずみ、横ひずみ、スパイラルフープ筋のひずみと荷重との関係を示す。横ひずみとスパイラルフープ筋のひずみの伸びは、荷重の増加に対して同じような傾向を示す。このことからコンクリートとスパイラルフープ筋は一体となって挙動していると考えられる。ひび割れが荷重発生する荷重はいずれの場合も50~55°であった。また、スパイラルフープ筋は折れ曲った部分で破断した。これよりスパイラルフープ筋は角型で用いると応力集中がおこり、円型で用いた方が有効であると考えられる。

参考文献

水野高明：鉄筋コンクリート工学

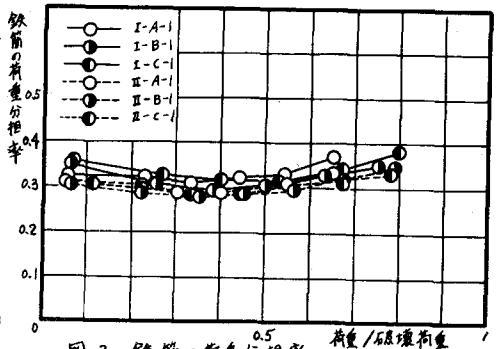


図-3 鉄筋の荷重分比率

表-2 実験結果

	f_c (kg/cm ²)	σ_{sy} (kg/cm ²)	ピッチ (cm)	P_u (t)	0.85 $\sigma_{sy}A_k$ (t)	$\lambda\sigma_{sy}A_s$ (t)	λ	備考
Ⅳ-A-1	728	130	2	105.0	43.1	61.9	1.1	スパイラルフープ筋 破断による破壊
Ⅳ-A-2	728	130	2	107.0	43.1	63.9	1.2	
Ⅳ-B-1	728	130	4	54.5	48.6	5.9	0.2	コンクリートの セン断破壊
Ⅳ-B-2	728	130	4	59.0	48.6	10.4	0.4	
Ⅴ-A-1	728	30	2	65.1	43.1	22.0	1.8	スパイラルフープ筋 破断による破壊
Ⅴ-A-2	728	30	2	63.1	43.1	20.0	1.6	
Ⅴ-B-1	728	30	4	58.3	48.6	9.7	1.5	コンクリートの セン断破壊
Ⅴ-B-2	728	30	4	60.0	48.6	11.4	1.8	

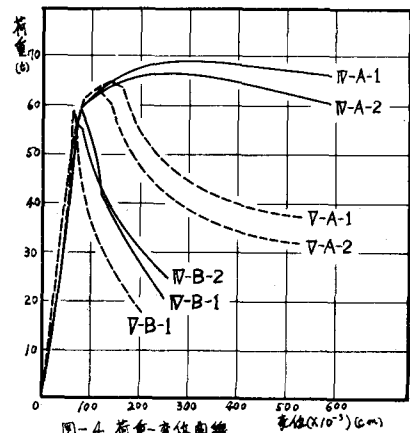


図-4 荷重-変位曲線

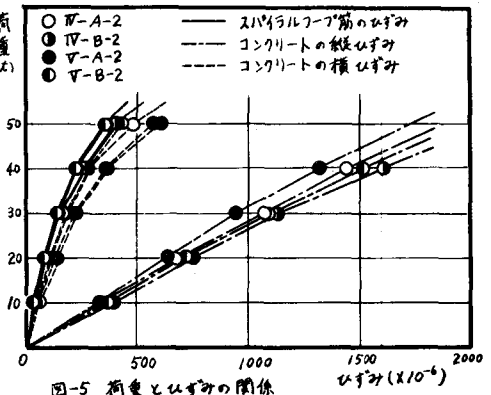


図-5 荷重とひずみの関係