

論文

[2028] コンクリートの耐力に及ぼす局部載荷重と鉄筋の影響

正会員 ○原 忠勝 (日本大学工学部)

中村 雅裕 (日本大学大学院)

1. はじめに

ディープビームやコーベルなどのRC部材は、スパンが短いため、載荷重による鉛直方向の応力が大きな影響を及ぼし、2軸の応力状態によるつり合い機構を示す。この結果、ディープビーム的なRC部材は、トラスやアーチ的な耐荷機構となり、ストラットの破壊などの1次的な破壊様相以外に、定着破壊や支圧破壊などの2次的な破壊[1] によって耐力を失う場合がある。このため、これら部材の設計に際しては、部材の耐力ばかりでなく、支承や載荷部に発生する局部的な応力に対する構造細目上の取り扱いについても検討する必要がある。

本研究の目的は、これらディープビーム的なRC部材の支承や載荷部の設計に対する構造細目上の資料を得ることにある。このため、支点付近をモデル化した試験体を作製し、載荷面積、主鉄筋量、およびかぶりを実験条件として載荷試験を行い、ひびわれ様相や耐力に及ぼす諸条件の影響について検討を行ったものである。

2. 実験の概要

実験には、図-1に示すように、幅30cm、奥行15cm、高さ60cmのブロック状のものを用いた。実験条件は、載荷板幅 $w_b$ が2.25, 7.5, 15.0 cmの3種、鉄筋量 $A_s$ が3種(0, D25, 2D25)、およびかぶり $c$ が0, 4, 6, 8cmの4種で、試験体は、これらの条件を組合せた、計27体である。

コンクリートは、早強セメントを用いたレデーミクストコンクリート(骨材最大寸法20mm, 設計スランプ8cm)である。試験日材令におけるコンクリートの圧縮、引張、および弾性係数は、表-1に示す通りである。また鉄筋には横ふし型異形鉄筋D25( $f_y=37.9$  kgf/mm<sup>2</sup>,  $f_u=55.9$ kgf/mm<sup>2</sup>,  $E_s=20,400$ kgf/mm<sup>2</sup>)を用いた。

載荷は、2次元とし、破壊までの単調増加載荷重である。なお載荷板には、厚さ $t=20\sim 23$ mm(SS41)のものを用い、載荷時には、試験機の耐圧板(厚さ50mm)に密着させた。載荷試験では、各荷重時におけるコンクリートと鉄筋のひずみ、載荷板のめり込みを測定し、併せてひびわれの進展状況を記録した。

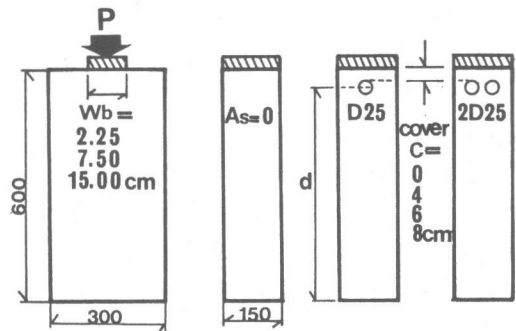


図-1 試験体の形状・寸法

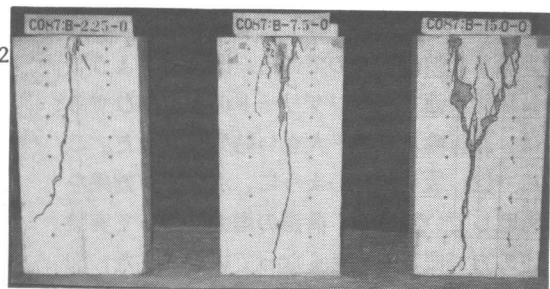


写真-1 破壊試験後のひびわれ様相 (鉄筋のない試験体)

### 3. 実験結果, および考察

表-1には, 試験体の寸法の実測値, コンクリート強度, および試験体の支圧ひびわれ荷重 $P_{cr}$ と最大耐力 $P_{max}$ を示した。

(1) ひびわれおよび破壊様相: 写真-1は, 鉄筋のない試験体の破壊後のひびわれ様相である。支圧応力によるひびわれは荷重点下約10cm付近で発生し, 荷重の増加に伴って, 上下方向に伸展する。最大荷重付近になると, 載荷板のめり込みと共に, 載荷板下のコンクリートに圧壊が生じ始め, これが支圧ひびわれとつながり, 最終的には, V字型のスベリ面の形成によって破壊に至った。また, 鉄筋が有る場合のひびわれ様相も, 無筋の場合と大差ない結果が得られた。しかし鉄筋が有る場合(かぶり4,6,8 cm), V字型のスベリ面の形成が明らかになると, 写真-2に示すように, 鉄筋が押し下げられたためできたと思われるようなひびわれ(割裂ひびわれと仮称する)が発生した。さらに荷重を加えると, 鉄筋上方にもひびわれが発生し, 試験体は, 比較的急激に耐力を失った。一方, かぶりがない場合や, 載荷板幅の小さい試験体で鉄筋量が多い( $A_s = 2025$ )場合, 鉄筋下方に向かう割裂きひびわれは発生せず, 水平なひびわれが発生した。そして, このひびわれ幅が大きくなると, 鉄筋上方に割裂ひびわれが発生し, 試験体は耐力を失った。

(2) コンクリートのひずみ: 図-2は, 試験体の横方向ひずみの測定結果(D25, かぶり8 cm)と, Bleich[2]による支圧応力の計算値を比較したものである。図に示すように, 試験体表面でのコンクリートの横方向ひずみは, 計算値より若干大きい結果となった。ここでは, 坂ら[2]のように, ポアソン効果を考慮していないが, 荷重の増大に伴って実験値の方が概して大きくなっている。また, 図-2には, 鉄筋のひずみも併せて示したが, 比較的小さい荷重レベルでは, 鉄筋ひずみは計算値とほぼ等しい結果が得られた。

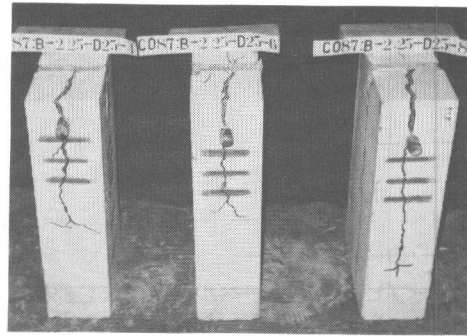


写真-2 局部荷重によって鉄筋直下に発生した鉛直方向の割裂ひびわれ

( $W_b = 2.25$ cm, かぶり  $c = 4, 6, 8$  cm)  
CO7-B:  $A_s = D25$   $P = 16.0$  tf COVER = 8

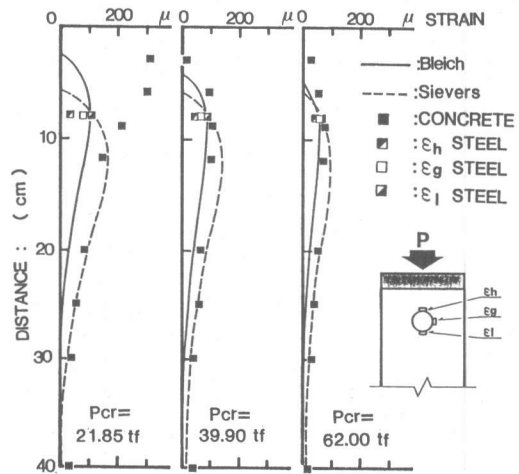


図-2 横方向のひずみ分布の比較  
( $A_s = D25$ , かぶり  $c = 8$ cm)

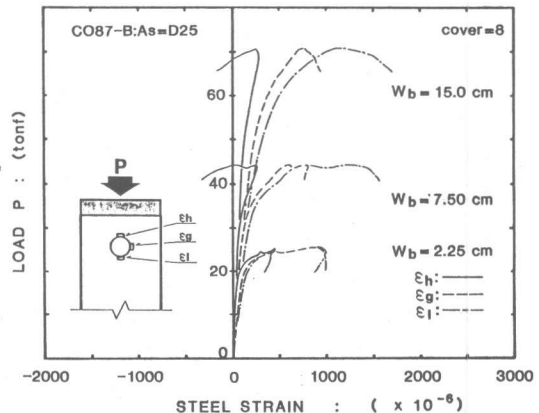


図-3 鉄筋のひずみ変化  
( $A_s = D25$ , かぶり  $c = 8$ cm)

(3) 鉄筋のひずみ性状： 局部荷重重下における鉄筋のひずみ性状を調べるために、荷重点中央部の鉄筋断面・上中下の3箇所に鉄筋ゲージを貼布した。このうち、 $A_s = D25$ 、かぶり8 cmの測定結果を図-3に示した。鉄筋のひずみは、かぶりが小さい場合には、荷重初期より曲げの影響が顕著で、上側で圧縮、下側で引張のひずみとなっている。そして、かぶりが大きくなると、図-3に示すように、V字型のスベリ面が形成されるまでは、全体的に引張となっている。したがって、ディープビームやコーベルのような部材の支点付近の鉄筋には、支圧応力だけによっても、比較的大きな引張力が生じることがわかる。

(4) 耐力： 本実験で得られた最大耐力について、一般の支圧強度  $f'a$  の関数であるコンクリート面積と支圧面積の比  $A/A_1$  で表せば、図-4の通りとなる。無筋の試験体は、支圧ひびわれの発生と同時に最大耐力に至っており、本実験の範囲では、六車・岡本の実験式[3]と良く一致した結果が得られた。鉄筋が有る場合、かぶりがない試験体の最大耐力は、荷重板幅が小さいと約25%程度大きく、荷重板幅が大きくなると、ほぼ等しい傾向を示した。

しかし、本実験結果をディープビーム的なRC部材の支承部の設計に適用する場合、支圧強度で用いるパラメータ  $A/A_1$  だけでは、鉄筋量などの影響を考慮できない。したがってここでは、二羽ら[4]によるディープビームとコーベルのせん断耐力算定式に用いられているパラメータで本実験結果を整理してみた。図-5は支圧ひびわれ発生荷重で、図-6は最大荷重のものである。図に示すように、これらの結果は、二羽ら[4]による原式と同様、荷重板幅と有効高さの比 ( $Wb/d$ ) に対してほぼ直線的な関係が得られた。

4. まとめ

以上、本研究においては、支承部をモデル化した試験体について、支圧面積、鉄筋量、

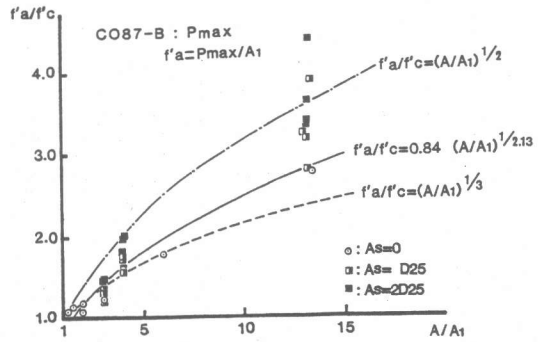


図-4 支圧強度比と支圧面積比の関係

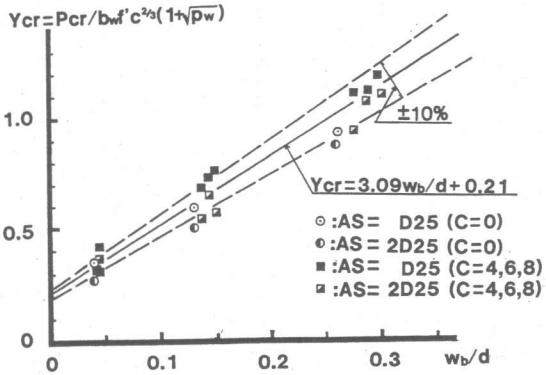


図-5 支圧ひびわれ荷重と  $Wb/d$

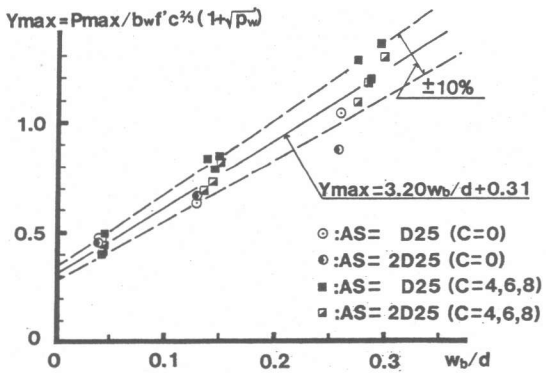


図-6 最大荷重と  $Wb/d$

およびかぶりの影響について実験的な検討を行った結果、次のことが要約される。

(1)コンクリートの支圧強度以上の荷重を受ける場合、鉄筋付近に割裂ひびわれが発生し、部材の定着効果を損なう恐れがある。(2)支圧応力による横方向のひずみ分布形状は、Bleich[2]による計算値とほぼ等しい。しかし実験値は計算値より、概して大きい結果が得られた。(3)局部載荷重を受ける場合の耐力は、載荷板幅と有効高さの比 $Wb/d$ とほぼ直線的な関係にある。したがって、ディープビーム的なRC部材の支点付近の設計に際しては、現行のコンクリート標準示方書[5]におけるディープビームやコーベルのせん断耐力算定式と同様なパラメータを用いても良いように思われる。

表-1 試験体の寸法諸元、および実験結果の一覧表

C087-B Series Wb - As - c	かぶり c (cm)	高さ h (cm)	有効高さ d (cm)	幅 bw (cm)	長さ l (cm)	鉄筋量 As	鉄筋比 pw (%)	f'c (kgf/cm <sup>2</sup> )	ft (kgf/cm <sup>2</sup> )	Pcr (tonf)	Pmax (tonf)	
2.25 - 0 - 0	0	60.0	----	14.9	30.2	0	----	232.7	23.20	21.00	21.60	
2.25 -D25 - 0	0.7	59.9	57.9	15.2	29.9	D25	0.576	165.3	17.95	16.20	22.05	
	4	3.9	59.9	54.7	15.2	29.6	"	0.609	232.7	23.20	18.55	22.10
	6	6.3	60.0	52.4	15.0	29.4	"	0.645	"	"	17.10	24.90
	8	7.9	60.0	50.8	15.0	29.6	"	0.665	"	"	21.85	25.60
2.25-2D25 - 0	0.7	60.1	58.1	15.1	29.7	2D25	1.155	165.3	17.95	15.00	24.90	
	4	4.4	60.0	54.3	15.0	29.6	"	1.244	216.7	21.96	17.00	24.40
	6	5.9	59.9	52.7	15.0	29.6	"	1.282	"	"	19.80	26.75
	8	8.0	60.0	50.7	15.1	29.5	"	1.324	"	"	21.50	24.80
7.5 - 0 - 0	0	59.9	----	14.9	30.2	0	----	232.7	23.20	40.70	41.15	
7.5 - D25 - 0	0.7	59.9	57.9	15.1	29.8	D25	0.580	165.3	17.95	27.20	29.10	
	4	4.2	60.1	54.6	15.1	29.6	"	0.615	232.7	23.20	38.00	46.45
	6	6.6	59.8	51.9	14.8	29.5	"	0.660	"	"	38.95	41.75
	8	8.0	60.0	50.7	15.0	29.7	"	0.666	"	"	39.90	44.30
7.5 -2D25 - 0	0.5	60.0	58.2	15.1	29.6	2D25	1.153	165.3	17.95	27.70	36.55	
	4	4.1	60.0	54.6	15.1	29.7	"	1.229	216.7	21.96	34.15	43.35
	6	6.1	59.9	52.5	15.0	29.6	"	1.287	"	"	39.80	44.55
	8	8.2	59.9	50.4	15.0	29.7	"	1.340	"	"	33.70	48.70
15.0 - 0 - 0	0	59.9	----	15.1	30.2	0	----	232.7	23.20	55.70	55.70	
15.0 -D25 - 0	0.7	59.9	57.9	15.2	29.7	D25	0.576	165.3	17.95	43.20	48.35	
	4	4.1	59.9	54.5	15.2	29.6	"	0.612	232.7	23.20	62.05	71.25
	6	6.4	59.9	52.2	15.0	29.7	"	0.647	"	"	60.45	63.45
	8	7.9	59.9	50.7	15.0	29.4	"	0.666	"	"	62.00	70.95
15.0-2D25 - 0	0.6	60.0	58.1	15.0	29.7	2D25	1.163	165.3	17.95	43.75	48.05	
	4	4.1	60.0	54.6	15.1	29.6	"	1.229	216.7	21.96	59.00	68.95
	6	6.2	59.9	52.4	15.0	29.6	"	1.289	"	"	65.00	71.65
	8	8.4	59.9	50.2	15.0	29.6	"	1.346	"	"	64.85	70.55

Concrete : Ec = 193,800kgf/cm<sup>2</sup> (f'c=165.3kgf/cm<sup>2</sup>), 214,700kgf/cm<sup>2</sup> (216.7kgf/cm<sup>2</sup>), 209,300kgf/cm<sup>2</sup> (232.7kgf/cm<sup>2</sup>)  
Steel : fy = 37.9 kgf/mm<sup>2</sup>, fu = 55.9 kgf/mm<sup>2</sup>, Es = 20,400 kgf/mm<sup>2</sup>

- 参考文献：[1]Kriz・Raths,PCI Jour.,V.10,1965. [2]坂ら,日本建築学会論文報告集,1957.7  
[3]六車・岡本,セメント技術年報 XVII,1963. [4]二羽ら,第5回コンクリート工学年講,1983.  
[5]土木学会,コンクリート標準示方書,設計編,1986.10